

Aus dem Institut für Medizinische Mikrobiologie und Krankenhaushygiene Marburg
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Michael Lohoff

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,
Standort Marburg

**Matratzen im Krankenhaus -
Grad der bakteriellen Kontamination und Potential von Abstandsgewirken aus
hygienischer Sicht**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von

Alexander Daniel Christian Pipho, geboren in Hannover am 18.07.1991

Marburg, 2020

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:
21.04.2020

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Herr Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: Prof. Dr. R. Mutters

1. Korreferentin: Prof. Dr. A. Maisner

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen	1
Verzeichnis der Abbildungen	3
Verzeichnis der Tabellen	4
1 Einleitung	5
1.1 Nosokomiale Infektionen im Krankenhaus	5
1.1.1 Definition.....	5
1.1.2 Ursachen und Vermeidbarkeit von nosokomialen Infektionen	7
1.1.3 Epidemiologie und Aktualität.....	8
1.1.3.1 Weltweit	8
1.1.3.2 Deutschland - Häufigkeit aller nosokomialen Infektionen und Folgen....	9
1.1.3.3 Deutschland - Häufigkeit nosokomialer Infektionen nach Infektionsart	10
1.1.3.4 Deutschland - Bedeutung antibiotikaresistenter Erreger	10
1.1.3.5 Die Epidemiologie beeinflussende Faktoren.....	12
1.1.4 Problematische Bakterien als Auslöser nosokomialer Infektionen	13
1.1.4.1 Gram-positive Bakterien (Kramer et al., 2016).....	14
1.1.4.2 Gram-negative Bakterien (Kramer et al., 2016)	16
1.2 Krankenhausmatratzen als Risikofaktor für nosokomiale Infektionen	18
1.2.1 Rechtlicher Rahmen zur Sicherstellung hygienischer Standards in deutschen Krankenhäusern	18
1.2.1.1 Im Sozialgesetzbuch	19
1.2.1.2 Im Infektionsschutzgesetz	19
1.2.1.3 Im Medizinproduktegesetz	20
1.2.1.4 In der Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV) (Das Bundesministerium für Gesundheit, 2002).....	21
1.2.1.5 In weiteren beteiligten Regelungen	22
1.2.2 Die Aufbereitung von Medizinprodukten	22
1.2.2.1 Die Aufbereitung von Krankenhausbetten	25
1.2.2.2 Anforderungen an die Aufbereitung von Krankenhausbetten	25
1.2.2.3 Umsetzung der Aufbereitung von Krankenhausbetten.....	26
1.2.3 Epidemiologie und Ursachen von nosokomialen Infektionen durch Krankenhausmatratzen	29

1.3 Maßnahmen zur Vermeidung von nosokomialen Infektionen durch Krankenhausmatratzen	32
1.3.1 Desinfektion und Verwendung von Encasings.....	32
1.3.1.1 Desinfektionsprotokoll für Matratzen mit Polyurethanbezug in den zentralen und dezentralen Bettenaufbereitungen am Universitätsklinikum Marburg	35
1.3.2 Abstandsgewirke	37
1.4 Zielstellung dieser Arbeit	40
2 Material und Methoden	42
2.1 Material.....	42
2.1.1 Arbeitsmaterial	42
2.1.2 Maschinen.....	43
2.2 Methoden	43
2.2.1 Untersuchung 1: Übertragung und Vorkommen von Bakterien auf belegten Patientenmatratzen.....	43
2.2.2 Untersuchung 2: Belastung der Matratzen mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion und Zustand der Matratzen	44
2.2.3 Untersuchung 3: Belastung der Abstandsgewirke mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion	44
2.2.4 Untersuchung 4: Übertragung von humanpathogenen Keimen von Mensch auf Matratzenbezug und Matratze	45
2.2.5 Durchführung und Funktionsweise der MALDI-TOF Massenspektrometrie mit dem „Bruker Daltonik MALDI Biotyper“	45
2.2.6 Klassifizierung der gefundenen Bakterien in humanpathogen und nicht humanpathogen.....	46
2.2.7 Statistische Auswertung	47
3 Ergebnisse.....	48
3.1 Untersuchung 1: Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf belegten Patientenmatratzen	48
3.1.1 Encasings und Stoffbezüge.....	48
3.1.2 Matratzenoberflächen	49
3.2 Untersuchung 2: Belastung der Matratzen mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion und Zustand der Bezüge und Matratzen	51
3.2.1 Encasings	51

3.2.2 Matratzenoberflächen	53
3.2.3 Ergebnisse der Subgruppe „Matratzen zur Verwendung unter den Abstandsgewirken“	54
3.3 Untersuchung 3: Belastung der Abstandsgewirke mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion.....	56
3.4 Untersuchung 4: Übertragung von pathogenen und antibiotikaresistenten Keimen von Mensch auf Matratzenbezug und Matratze.....	57
3.5 Vergleich der Kontamination durch Bakterien nach Desinfektion von Encasings und Abstandsgewirken.....	58
4 Diskussion	59
4.1 Methodik.....	59
4.2 Ergebnisse.....	65
4.3 Ausblick.....	69
5 Zusammenfassung	71
5.1 Summary (Zusammenfassung)	73
6 Literaturverzeichnis	74
7 Anhang	88
7.1 SOPs des Hygieneteams Marburg mit dem Thema Bettenaufbereitung	88
7.2 Den Ergebnissen zu Grunde liegende Datentabellen.....	96
7.2.1 Untersuchung 1	96
7.2.2 Untersuchung 2.....	100
7.2.3 Untersuchung 3.....	102
7.2.4 Untersuchung 4.....	103
8 Liste Akademischer Lehrer	104
9 Danksagung	109

Verzeichnis der Abkürzungen

AGW	Abstandsgewirke
ART	Kommission „Antinfektiva, Resistenz und Therapie“ des RKI
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
Caso Bouillon mit LTHth	Casein-Sojamehl-Bouillon mit Lecithin, Tween, Histidin und Natrium-Thiosulfat
CDAD	Clostridium-difficile-assoziierte Diarrhoe
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CDI	Clostridium difficile Infektion
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EG	Europäische Gemeinschaft
ESBL	extended spectrum β -lactamase
EWG	europäische Wirtschaftsgemeinschaft
HCCA	α -Cyano-4-hydroxycinnamic acid
IfSG	Infektionsschutzgesetz
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
KNS	Koagulase-negative Staphylokokken
KPC	Klebsiella-pneumoniae-Carbapenemase
KRINKO	Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
MALDI-TOF	Matrix-Assistierte Laser-Desorption-Ionisierung mit time-of-flight
MPBetreibV	Medizinprodukte-Betreiberverordnung
MPG	Medizinproduktegesetz
MRGN	Multiresistente gram-negative Stäbchen
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
NaCl	Natrium-Chlorid
NIDEP	ationale Prävalenzstudie 1994 (Nosokomiale Infektionen in Deutschland - Erfassung und Prävention)
NRZ	Nationalen Referenzzentrums für Surveillance von nosokomialen Infektionen
Ref.	Referenznummer der Materialien
RKI	Robert Koch-Institut
SGB	Sozialgesetzbuch

SOP	Standard Operating Procedure
VAH	Verbund für angewandte Hygiene e.V.
VRE	Vancomycin-resistente Enterokokken

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1 - Verschmutzung eines Krankenhausbettes im Regelbetrieb (Privatfoto Prof. R. Mutters).....	32
Abbildung 2 - Fleckiger Schaumstoff Matratzenkern (eigenes Bild)	32
Abbildung 3 - Typisches Gefatex Encasing in einem der verbreitetsten Bettgestelle nach Wischdesinfektion (eigenes Bild).....	33
Abbildung 4 - Abstandsgewirk Makroaufnahme (eigenes Bild)	37
Abbildung 5 - Abstandsgewirk Nahaufnahme. Mittig sind die Mikrofilamente zu sehen (eigenes Bild)	38
Abbildung 6 - Matratzen-Schaumkern und Abstandsgewirke mit ihrem jeweiligen Überzug (Privatfoto Prof. R. Mutters).....	38
Abbildung 7 - Schematischer Ablauf der Analyse im MALDI-TOF Massenspektrometer (Neumeister et al., 2009) .	46

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1 - Entwicklung der Gesamtzahl von nosokomialen Infektionen in Deutschland.	9
Tabelle 2 - Anteil der spezifischen nosokomialen Infektionen an der Gesamtzahl nosokomialer Infektionen. (Behnke et al., 2017).....	10
Tabelle 3 - Anteil der resistenten Erreger an der Gesamtzahl von wichtigen Erregern nosokomialer Infektionen. (European Centre for Disease Prevention and Control, 2017).....	11
Tabelle 4 - Überlebenszeit von Krankheitserregern auf trockenen und unbelebten Oberflächen und die Risikosteigerung für nachfolgende Patienten in einem Zimmer, das vorher mit einem infizierten oder kolonisierten Patienten belegt war, selber durch den Erreger kolonisiert zu werden. (Chemaly et al., 2014) ...	14
Tabelle 5 - Auflistung der durch kontaminierte Matratzen ausgelösten nosokomialen Infektionen.....	29
Tabelle 6 - Klassifizierung der Bezüge anhand der darauf gefundenen Erreger nach Gefährdungspotential	48
Tabelle 7 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 6 zu Grunde liegen.	48
Tabelle 8 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.	49
Tabelle 9 - Klassifizierung der Matratzenoberfläche.	49
Tabelle 10 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 9 zu Grunde liegen.	50
Tabelle 11 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.	50
Tabelle 12 - Tabellarische Darstellung des Zustands der Encasings.	51
Tabelle 13 - Klassifizierung der Encasings.	51
Tabelle 14 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 13 zu Grunde liegen.	52
Tabelle 15 - Aufführung der Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.....	52
Tabelle 16 - Darstellung der Auswertung der verschmutzten Matratzen.	53
Tabelle 17 - Klassifizierung der Matratzenoberfläche.	53
Tabelle 18 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 17 zu Grunde liegen.	53
Tabelle 19 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.	54
Tabelle 20 - Zustand der Encasings der AGW-Matratzen (Löcher?).	54
Tabelle 21 - Zustand der Schaumstoffkerne der AGW-Matratzen (Flecken?).	54
Tabelle 22 - Risikoklassifizierung der Abstandsgewirke-Matratzen Encasings.....	55
Tabelle 23 - Risikoklassifizierung der Abstandsgewirke-Matratzen Schaumstoffkerne.	55
Tabelle 24 - Zugrundeliegende humanpathogene und potenzielle Problemkeime bei den Encasings.....	55
Tabelle 25 - Zugrundeliegende nicht humanpathogene Funde bei den Encasings.	56
Tabelle 26 - Zugrundeliegende humanpathogene und potenzielle Problemkeime bei den Matratzenkernen.	56
Tabelle 27 - Zugrundeliegende nicht humanpathogene Funde bei den Schaumstoffkernen.....	56
Tabelle 28 - Klassifizierung der Abstandsgewirke.....	56
Tabelle 29 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 28 zu Grunde liegen.	57
Tabelle 30 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.	57
Tabelle 31 - Ergebnis der U4.	58
Tabelle 32 - Absolute Differenzen der Häufigkeiten aus U2 (Encasings) und U3 (Abstandsgewirke) bezogen auf die Abstandsgewirke.	58
Tabelle 33 - Qualitatives Ergebnis hinsichtlich des MRSA-Nachweises als Direktausstrich auf Columbia-Agarplatten und in Amies Medium (Warnke et al., 2014).	62

1 Einleitung

1.1 Nosokomiale Infektionen im Krankenhaus

1.1.1 Definition

Die Klassifizierung einer Infektion als nosokomial wird nicht einheitlich gehandhabt. Im Folgenden ein Überblick.

In dem klinischen Wörterbuch „Pschyrembel“ werden Nosokomialinfektionen allgemein als „Infektionen mit lokalen od. system. Infektionszeichen als Reaktion auf das Vorhandensein von Err. od. deren Toxine, die in zeitl. Zusammenhang mit einem Krankenhaus-aufenthalt od. einer ambulanten med. Maßnahme stehen, soweit die Infektion nicht bereits vorher bestand; Formen: 1. exogene N.: entstehen durch Keime aus der Umgebung des Pat.; 2. endogene N.: entstehen durch patienteneigene Keime inf. herabgesetzter Abwehrkraft des Pat.“ (Fiedler et al., 2011)

definiert. Zentrale Bestandteile dieser allgemeinen Definition sind der Zeitpunkt und der Ort des Erwerbs der Infektion in Zusammenhang mit einem Krankenhaus- oder Ambulanzaufenthalt. Die Einbeziehung von ambulanten medizinischen Maßnahmen hat sich jedoch erst im Laufe der Zeit entwickelt, ursprünglich war nur der Erwerb im Krankenhaus gemeint (Kramer et al., 2016).

Laut Gastmeier liegt eine nosokomiale Infektion aber nicht vor, wenn eine Superinfektion einer bereits vor dem Aufenthalt erworbenen Infektion auftritt oder es zu einem Erregerwechsel in einer vorher erworbenen Infektion kommt. Sie fordert, dass dies nur als nosokomial gewertet werden darf, wenn es ein freies klinisches Intervall dazwischen gegeben hat. Außerdem dürfen eine reine Kolonisation und andererseits eine Entzündung nicht infektiöser Ursache nicht als Infektion gewertet werden (Kramer et al., 2016).

Mit diesen allgemeinen Definitionen ist es kaum möglich mittels epidemiologischer Untersuchungen valide Ergebnisse zu erheben. Zur epidemiologischen Forschung ist eine Untereinteilung in verschiedene Unterarten nosokomialer Infektionen mit spezifischeren Kriterien nötig, wie z.B. die Definitionen der Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (Kramer et al., 2016). Im deutschen nationalen Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen werden seit dem 01.01.2017 statt der CDC-Definitionen von 2011 nur noch die Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS)-Definitionen für epidemiologische Untersuchungen verwendet (<http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/kiss-definitionen/>). Diese beruhen allerdings auf den CDC-Kriterien.

Die KISS-Definitionen gliedern sich in drei Teile: (Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen, 2017)

- Teil A (allgemeine Prinzipien der KISS-Definitionen; unter anderem die Frage, wann es sich um eine nosokomiale Infektion handelt):

1. Es müssen die Kriterien einer Infektion vorhanden sein (lokale oder systemische Infektionszeichen).
2. Eine Infektion ist nosokomial erworben, wenn die ersten spezifischen oder unspezifischen Symptome frühestens am dritten Tag des Krankenhausaufenthaltes seit Aufnahme auftreten.

Eine Besonderheit stellen unspezifische Symptome wie Fieber dar, die, wenn sie durch einen anderen Grund als eine Infektion ausgelöst worden sind, nicht als erster Tag der Infektion gezählt werden dürfen.

Als spezifische Symptome werden Ergebnisse aus einer Laborprobe zur Erregediagnostik, Ergebnisse bildgebender Verfahren, Prozedur- und Untersuchungsergebnisse, die Diagnose eines Arztes und der Beginn einer Antibiotikatherapie gewertet. Liegt der Zeitpunkt der ersten Symptome der Infektion jedoch vor dem dritten Tag gilt diese als ambulant erworbene Infektion.

3. Zur Diagnose einer spezifischen nosokomialen Infektion, muss eine der in Teil B oder C genannten Definitionen erfüllt sein.
4. Eine Sonderform stellen postoperative Wundinfektionen dar.

- Teil B (Definitionen für nosokomiale Infektionen):

Zur besseren Vergleichbarkeit und Erhebung von validen Daten werden die nach den in Teil A genannten Voraussetzungen als nosokomial klassifizierten Infektionen wenn möglich weiter nach spezifischeren Definitionen unterteilt.

Dies erfolgt zum einen in die Gruppen der Indikator-Infektionen, die häufige nosokomiale Infektionen umfassen. Wichtige Beispiele sind hierbei postoperative Wundinfektionen, primäre Sepsis, Infektionen der unteren Atemwege, Harnwegsinfektionen, Infektionen des ZNS und Infektionen des kardiovaskulären Systems.

Infekte, die keine der Definitionen erfüllen, werden in die Gruppe der anderen Infektionen eingeteilt.

- Teil C (Zusätzliche Definitionen für nosokomiale Infektionen bei speziellen Patientengruppen):

Hier werden zusätzliche Definitionen für Patientengruppen mit speziellem Alter und Immunstatus aufgelistet.

Die Breite und Tiefe der Definition variiert, abhängig von Betrachtungspunkt und Verwendungszweck. Außerdem ist der zeitliche Verlauf der Definition und die Varianz zwischen verschiedenen Ländern zu beachten. Dennoch bleibt den meisten Definitionen gemein, dass eine nosokomiale Infektion sich durch den Erregerkontakt im Krankenhaus oder einer Ambulanz mit daraus folgender Infektion auszeichnet. In dieser Arbeit standen die stationär erworbenen nosokomialen Infektionen im Vordergrund.

1.1.2 Ursachen und Vermeidbarkeit von nosokomialen Infektionen

Erreger einer nosokomialen Infektion können Bakterien, Viren, Pilze, Parasiten oder Prionen sein (Kramer et al., 2016). Die Infektionshintergründe sind dabei multifaktoriell.

Eine konstruktive Annäherung an diese Problematik der multiplen Infektionshintergründe bietet die Einteilung der nosokomialen Infektionen in exogen und endogen erworbene Infektionen. Dabei können vor allem die exogen erworbenen Infektionen vermieden werden. Bei sekundär endogenen Infektionen, also an den Infektionsort verschleppte Erreger, die bereits vor der Aufnahme auf/in dem Patienten vorhandenen waren, ist dies nur eingeschränkt möglich. Bei primär endogenen Infektionen, also ortsständigen Erregern des Patienten die eine Infektion auslösen, ist es nur sehr selten möglich (Kramer et al., 2016).

Ob es zu einer exogenen nosokomialen Infektion kommen kann hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab. Zunächst muss eine *Infektionsquelle* des Erregers existieren. Dieser Erreger muss zu dem Menschen *gelangen* und schließlich muss dieser Mensch *anfällig* genug sein, damit eine klinisch apparente Infektion entsteht. Oftmals kolonisiert ein Erreger den Menschen nur. An diesen drei Stellschrauben bietet sich die Möglichkeit, die Rate an nosokomialen Infektionen zu senken (Kramer et al., 2016). Bereits 1985 wurde durch die Ergebnisse des SENIC-Projektes in den USA errechnet, dass ca. ein Drittel aller nosokomialen Infektionen vermeidbar sind. Bei dieser Untersuchung wurde die Effektivität eines Projektes zur Kontrolle nosokomialer Infektionen retrospektiv ausgewertet (Haley et al., 1985a). In der Literatur gibt es Schätzungen über die Vermeidbarkeit nosokomialer Infektionen in Deutschland. So wurden in einer großen 26 Monate dauernden Studie an vier Interventionskrankenhäusern und vier Kontrollkrankenhäusern gleicher

Größe eine Untersuchung der Implementierung eines Qualitätszirkels und von Surveillance-Maßnahmen durchgeführt. Das Ergebnis war eine signifikante Reduktion der Inzidenz auf eine OR (Odds-Ratio) von durchschnittlich 0,74. Dies entspricht einer Vermeidbarkeit durch Qualitätsmanagement und Surveillance von ca. 25 % (Gastmeier et al., 2002). Auf deutschen Intensivstationen wurde ein Anteil von durchschnittlich ca. 14,5 % (Grundmann et al., 2005) bis 37,5 % (Weist et al., 2002) exogenen nosokomialen Infektionen festgestellt, die somit theoretisch vermieden werden könnten. Solche Vermeidbarkeitsdaten sind unter anderem immer abhängig vom jeweiligen Maßnahmenstandard des Krankenhauses und der Rate an nosokomialen Infektionen vor einer Intervention mit Präventionsmaßnahmen. Kam es zu nosokomialen Ausbrüchen, wurde laut Auswertung von Daten der Internetdatenbank outbreak-database.com in 40,1 % ein Indexpatient, in 21,1 % medizinisches Equipment oder Fremdmaterialien am Patienten, in 19,8 % eine Quelle in der Patientenumgebung und in 15,8 % eine Quelle im Personal identifiziert. In 37,1 % der Fälle konnte keine Ursache gefunden werden. Dabei waren die häufigsten von Indexpatienten übertragenen Keime Enterokokken, Streptokokken und Hepatitis-C-Viren. Vom Personal wurden vor allem Staphylokokken und Hepatitis-B-Viren, vom Equipment und Fremdmaterialien *Serratia* und *Pseudomonas* und aus der Umgebung *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* und *Legionella* übertragen (Gastmeier et al., 2006).

1.1.3 Epidemiologie und Aktualität

Nosokomiale Infektionen sind weltweit ein aktuelles Thema, das Mediziner und Wissenschaftler weltweit und auch in Deutschland beschäftigt.

Sucht man nach Publikationen zum Begriff „nosocomial“ auf „<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>“ (PubMed), findet sich im Jahre 1940 nur eine Publikation, was sich kontinuierlich bis zum Jahr 2018 steigerte, wo es bereits 1.395 Publikationen waren (Stand 25.11.2019).

1.1.3.1 Weltweit

Die Bedeutung nosokomialer Infektionen weltweit wurde durch die WHO in einem systematischen Review der Literatur der Jahre 1995 bis 2010 separat für Industrieländer und Entwicklungsländer untersucht. Dabei zeigte sich für die Industrieländer eine gepoolte Prävalenz von 7,6 % und für Entwicklungsländer von 10,1 %. Die Daten für die Industrieländer stammten dabei überwiegend aus europäischen und US-amerikanischen Studien (Allegranzi et al., 2011).

1.1.3.2 Deutschland - Häufigkeit aller nosokomialen Infektionen und Folgen

Tabelle 1 - Entwicklung der Gesamtzahl von nosokomialen Infektionen in Deutschland.

Jahr	Quelle	Prävalenz	Inzidenz	Fallzahl	Anmerkungen
1994	NIDEP-1 (Behnke et al., 2013)	3,46 %	-	-	Nur Patienten mit während des aktuellen Aufenthaltes erworbenen nosokomialen Infektionen zu Grunde liegend
2006	KISS; statistisches Jahrbuch 2006; NIDEP-1+2 (Gastmeier et al., 2008)	-	-	400.000 - 600.000	-
2011/2012	ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control, 2013, S. 96) (Behnke et al., 2013)	5,10 %	3,50 %	321.321 1.025.716	-
2016	ECDC (Behnke et al., 2017)	4,60 %	-	-	-

Die Zahlen der Tabelle 1 sind auf Grund der unterschiedlichen Durchführung der Analysen nur bedingt vergleichbar, es lässt sich aber ableiten, dass die reale Prävalenz wahrscheinlich im mittleren einstelligen Prozentbereich liegt. Die Daten aus den Jahren 2011 und 2016 sind durch die European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)-Studienprotokolle vergleichbar und liefern Daten zur Bewertung der Entwicklung der Prävalenz von nosokomialen Infektionen in Deutschland. Die Rate an nosokomialen Infektionen hat sich in dieser Zeit signifikant verringert ($p < 0,01$) (Behnke et al., 2017). Dass die Krankenhäuser im Zeitraum von 2011 bis 2016 das Hygienepersonal fast verdoppelt haben (Behnke et al., 2017), könnte für einen positiven Effekt dieser Maßnahme sprechen. Dennoch ist der Anteil von rund einem Viertel vermeidbarer nosokomialer Infektionen in Deutschland noch nicht ausgeschöpft.

Die reine Prävalenz der Rate an nosokomialen Infektionen ist allein nicht aussagekräftig. Um die Auswirkungen für den Patienten zu bewerten, ist die Mortalität ein wichtiger Parameter. Dieser ist abhängig von der Art der Infektion, dem Patienten und Anderem.

Dennoch gibt es in der Literatur Angaben von 7.500 (ECDC Daten für den europäischen Durchschnitt 2008) bis 15.000 (Studie auf chirurgischen Stationen in Deutschland) direkt mit nosokomialen Infektionen assoziierte Tote pro Jahr in Deutschland (Gastmeier et al., 2010). In Belgien wurde eine gematchte Kohortenstudie mit 754 Fällen durchgeführt, die von einer Steigerung der Krankenhausmortalität durch nosokomiale Infektionen in Belgien von 2,8 % ausgeht (Vrijens et al., 2012).

1.1.3.3 Deutschland - Häufigkeit nosokomialer Infektionen nach Infektionsart

Die drei häufigsten nosokomialen Infektionen sind Infektionen der unteren Atemwege, postoperative Wundinfektionen und Harnwegsinfektionen mit zusammen 68 % (s. Tabelle 2).

Tabelle 2 - Anteil der spezifischen nosokomialen Infektionen an der Gesamtzahl nosokomialer Infektionen (Behnke et al., 2017).

Infektionsart	Anteil 2016 (n = 3.104)	Anteil 2011 (n = 2.248)
Infektionen der unteren Atemwege	24,0 %	21,7 %
Postoperative Wundinfektionen	22,4 %	24,3 %
Harnwegsinfektionen	21,6 %	23,2 %
Andere Infektionen	16,9 %	18,7 %
Clostridium-difficile-Infektion	10,0 %	6,4 %
Primäre Sepsis	5,1 %	5,7 %

Die häufigsten Erreger nosokomialer Infektionen waren im Jahr 2016 die Bakterien *E. coli* (16,6 %), *C. difficile* (13,6 %), *S. aureus* (12 %), *E. faecalis* (6,9 %) und *P. aeruginosa* (5,6 %) beruhend auf 2.294 Isolaten. Bei 58,5 % der nosokomialen Infektionen lag ein positiver Erregernachweis vor (Behnke et al., 2017).

Der Fakt, dass die meisten nosokomialen Infektionen durch Bakterien ausgelöst werden, sollte dabei in Erinnerung behalten werden, da dies essenziell für die Auswahl und Bewertung von Präventionsmaßnahmen ist.

1.1.3.4 Deutschland - Bedeutung antibiotikaresistenter Erreger

Besonders wichtig in der epidemiologischen Forschung ist neben der Zahl der nosokomialen Infektionen der Anteil der resistenten Erreger. Deren Infektionen sind durch die eingeschränkte Auswahl an wirksamen Antibiotika schwerer zu behandeln. Gleichzeitig

verzögert sich durch die Resistenz oftmals der Beginn einer wirksamen Antibiotikatherapie, da unter Umständen im Rahmen einer kalkulierten Therapie zunächst ein unwirksames Antibiotikum verabreicht wird. Ein Beispiel ist der Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) der in vielen mitteleuropäischen Ländern nicht durch die leitliniengerechte kalkulierte antibiotische Therapie erfasst wird (Kramer et al., 2016).

Das ECDC veröffentlicht seit 2013 jährliche, europaweite Erhebungen über den Resistenzstatus von invasiven Isolaten von Bakterien aus Blut und Liquor, die in klinischen Laboratorien getestet wurden. Tabelle 3 beruht auf diesen Daten und zeigt den Trend der Resistenzen für wichtige Gruppen nosokomialer Erreger in Deutschland. Dieser ist insgesamt positiv, da bis 2016 in allen Gruppen der Anteil der resistenten Erreger, abgesehen von *E. coli*, abgenommen hat. Zudem liegt Deutschland mit den Ergebnissen, bis auf die Vancomycin-resistenten *Enterococcus faecium*, unter den europäischen Mittelwerten.

Im europäischen Mittel sind die hohen Anteile an multiresistenten *Acinetobacter spp.* und *Klebsiella pneumoniae* jedoch besorgniserregend, besonders wo häufig Carbapeneme Teil der Resistenz sind. Im Rahmen der Globalisierung sind nicht nur Menschen, sondern auch Bakterien mobiler geworden. Eine Eintragung dieser Keime kann zu lokalen Ausbrüchen, wie z.B. im Uniklinikum Leipzig (Lübbert, 2014) führen und im ungünstigen Fall zu einem Gentransfer der Resistenzgene an die gleiche oder andere Bakterienarten mit Resistenzausbreitung führen. Je nach Umweltresistenz des Bakteriums ist auch eine endemische Ansiedlung im Krankenhaus möglich (Nordmann, 2014).

Tabelle 3 - Anteil der resistenten Erreger an der Gesamtzahl von wichtigen Erregern nosokomialer Infektionen (European Centre for Disease Prevention and Control, 2017).

Erregername; Resistenz	Resistente Isolate 2013 [%]	Anteil der resistenten Isolate 2016 [%]	EU-Mittelwert 2016
Staphylococcus aureus; Methicillin resistant	12,8	10,3	13,7
Enterococcus faecalis; high-level Gentamycin resistant	39,7	25,7	30,5
Enterococcus faecium; Vancomycin resistant	14,6	12,1	11,8
Acinetobacter spp.; Carbapenem resistant	8,9	4,9	35,1
Acinetobacter spp.; Fluorchinolone, Aminoglykosid und Carbapenem resistant	5,2	2,2	31,7
Pseudomonas aeruginosa; Carbapenem resistant	15,4	15,0	15,0
Pseudomonas aeruginosa; resistant 3/4 aus: Pip ± Taz, Ceftazidim, Fluorchinolone, Aminoglykosiden und Carbapenemen	9,2	7,9	10,3
Klebsiella pneumoniae; Carbapenem resistant	0,7	0,5	6,1

Klebsiella pneumoniae; Fluorchinolon, 3. Generations-Cephalosporin + Aminoglykosidresistent	7,0	5,4	15,8
Escherichia coli; Fluorchinolone, 3. Generations-Cephalosporin + Aminoglykosidresistent	2,7	3,5	4,8

1.1.3.5 Die Epidemiologie beeinflussende Faktoren

Faktoren die einen Einfluss auf die Zahl der nosokomialen Infektionen haben sind unter anderem: (Vgl. Kramer et al., 2016)

Zeitabhängige Faktoren:

Neue medizinische und gesellschaftliche Entwicklungen beeinflussen die statistisch errechnete Rate. So hat sich die Prävalenz nosokomialer Infektionen in Spanien von 1990-1999 von 8,9 auf 6,9 % verringert. Die Autoren vermuteten, dass ein wichtiger Faktor dafür die verringerten Verweildauern im Krankenhaus sein könnten (Vaqué et al. 1999). Die Jahreszeit hat hingegen nur einen geringeren Einfluss (Kramer et al., 2016). Ein weiterer zeitlicher Faktor sind Ausbrüche, also Infektionen mit zeitlichem Bezug zueinander, die deutlich über dem üblichen Maß an Infektionen liegen. Diese machen einen Anteil von ca. 2 % der nosokomialen Infektionen aus (Haley et al, 1985b). Gemeldete Ausbrüche weltweit können auf der Seite „<https://www.outbreak-data-base.com/Home.aspx>“ eingesehen werden.

Örtliche Faktoren:

Die Häufigkeit hängt neben den zeitlichen auch von örtlichen Faktoren ab. So ist die Tendenz beschrieben, dass größere Krankenhäuser höhere Raten an nosokomialen Infektionen aufweisen als kleine (Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen und Robert Koch-Institut, 2013). Dies hängt am ehesten damit zusammen, dass in größeren Krankenhäusern im Schnitt kränkere Patienten versorgt und invasive Eingriffe durchgeführt werden. Wird dies herausgerechnet, minimiert sich der Unterschied zwischen verschiedenen großen Krankenhäusern (Kramer et al., 2016). Zudem hängt das Risiko stark von der Stationsart ab. Dabei haben Intensivstationen i.d.R. die höchsten Raten, da hier ein Subkollektiv mit bereits deutlich erhöhter Morbidität behandelt wird, bei dem zusätzlich oft invasive Maßnahmen wie eine ZVK-Anlage, Beatmung, Blasenkatheter und andere durchgeführt werden.

So ist es z.B. möglich, anhand der Daten des Nationalen Referenzzentrums für Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ)-Hygiene, Intensivstationen verschiedener Fachrichtungen anhand ihrer Sepsisraten pro 1000 ZVK-Tagen zu ordnen.

Es ergibt sich folgende aufsteigende Reihenfolge:

chirurgische/internistische/pädiatrische Intensivstation (1,1/1,3/1,9), neonatologische Intensivstation nach Geburtsgewicht <1000g/=>1000g (8,7/5,2) und hämato-onkologische Transplantationsstation autolog/allogen pro 1000 Neutropenietage (14,1/18,1) (Kramer et al., 2016).

Patientenfaktoren:

Hier ist das Alter ein wichtiger Punkt. Sehr junge und alte Patienten haben ein deutlich erhöhtes Risiko an nosokomialen Infektionen zu erkranken. Zudem sind Immunstatus und Schwere der Erkrankung einflussnehmende Faktoren (Kramer et al., 2016). Bei den Harnwegsinfektionen ist zudem das Geschlecht zu beachten, da Frauen diese häufiger als Männer entwickeln (Platt et al., 1986).

Expositionelle Faktoren:

Hierbei handelt es sich um eine besonders wichtige Gruppe, in der es um Eingriffe am Patienten geht. Die relevantesten lassen sich aus den Indikator-Infektionen des KISS ableiten (s. Kapitel 1.1.1). Dabei erhöhen unter anderem die Exposition OP (postoperative Wundinfektion), Beatmung (Infektion der unteren Atemwege), Blasenkatheter (Harnwegsinfektion), Ventrikel Drainage (Infektion des ZNS) und zentraler Venenkatheter/peripherer Venenverweilkatheter oder arterieller Katheter (Infektion des kardiovaskulären Systems; primäre Sepsis) das Infektionsrisiko. So verwendete auch die ECDC eine vergleichbare Einteilung für ihre Prävalenzstudie in 2011/2012 (European Centre for Disease Prevention and Control, 2013).

1.1.4 Problematische Bakterien als Auslöser nosokomialer Infektionen

Die Mehrheit der relevanten Erreger ist fakultativ pathogen. Dies führt unter Umständen dazu, dass immunkompetente Personen im Krankenhaus durch diese Erreger kolonisiert werden können ohne, dass eine Infektion ausgelöst wird. Im Anschluss ist eine Übertragung an immunkompromittierte Patienten möglich, bei denen jedoch eine lebensgefährliche Infektion ausgelöst werden kann. Dies kann entweder direkt exogen oder nach einer Latenz, durch Kolonisierung ausgelöst, sekundär endogen erfolgen (Kramer et al., 2016).

Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Infektionsprävention ist die sogenannte Basishygiene. Damit ist insbesondere die regelmäßige Händehygiene, die Reinigung und Desinfektion von Flächen, die Aufbereitung von Medizinprodukten, die Abfallentsorgung, der Umgang mit Wäsche und Geschirr und die persönliche Hygiene gemeint. Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) hat genauere Empfehlungen, wie dies im Einzelnen umzusetzen ist, veröffentlicht (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2014).

Gerade gram-positive Bakterien finden sich in der Umgebung von infizierten oder kolonisierten Patienten, was die Bedeutung dieser Gruppe in Hinsicht einer Verbreitung im Krankenhaus unterstreicht (Lemmen et al., 2004).

Auch die Überlebenszeit von bekannten Erregern nosokomialer Infektionen kann sehr lang sein. Eventuell ist damit zu erklären, dass allein die Tatsache einer Vorbelegung eines Zimmers mit einem Patienten mit einem der Erreger aus Tabelle 4 ein erhöhtes Risiko für den folgenden Patienten bedeutet, diesen zu akquirieren.

Tabelle 4 - Überlebenszeit von Krankheitserregern auf trockenen und unbelebten Oberflächen und die Risikosteigerung für nachfolgende Patienten in einem Zimmer, das vorher mit einem infizierten oder kolonisierten Patienten belegt war, selber durch den Erreger kolonisiert zu werden (Chemaly et al., 2014).

Erreger	Überlebenszeit	Risikosteigerung bei Vorbelegung
MRSA	7 Tage - 12 Monate	1,5
Vancomycin-resistente Enterokokken (VRE)	5 Tage - 46 Monate	2,25
Pseudomonas aeruginosa	6 Stunden bis 16 Monate	1,75
Clostridioides difficile	Sporen: > 5 Monate	2,5
Acinetobacter baumannii	3 Tage bis 11 Monate	3,5
Carbapenem-resistente Enterobakterien	19 Tage	-
Norovirus	8 Stunden bis 7 Tage	zu wenige Daten
Rotavirus	6 - 60 Tage	zu wenige Daten

1.1.4.1 Gram-positive Bakterien (Kramer et al., 2016)

Diese Gruppe zeichnet sich durch eine besonders breite Zellwand aus (Madigan et al., 2013). Gerade die Biofilmbildner in dieser Gruppe sind oft schwer zu diagnostizieren, da eine Anzucht aus dem Biofilm auf Grund geringer Proliferationsraten schwierig ist (Fux et al., 2003). Sie finden sich vor allem in trockenen Umgebungen (Schulster LM et al.,

2004). Für gram-positive Bakterien (v.a. MRSA & VRE) gibt es die stärkste Evidenz, dass diese auch durch die kontaminierte Patientenumgebung übertragen werden können (Han et al., 2015).

Staphylococcus aureus löst sowohl ambulante als auch nosokomiale Infektionen aus. Besondere Aufmerksamkeit haben die antibiotikaresistenten Stämme des *S. aureus* erlangt. Eine Metaanalyse ergab ein 4-fach erhöhtes Risiko an einer Infektion durch MRSA zu erkranken, wenn eine Kolonisierung vorliegt (Safdar und Bradley, 2008). Huang et al. konnten retrospektiv zeigen, dass ein knappes Drittel der Patienten, die neu durch MRSA kolonisiert oder infiziert worden waren, innerhalb von 18 Monaten eine MRSA Infektion erlitten. Das Risiko einer Infektion war für Kolonisierte und Infizierte gleich. Dabei trat die Infektion in ca. 50 % der Fälle nach Entlassung auf, was vermuten lässt, dass solche Infektionen im klinischen Alltag fälschlicherweise nicht immer als sekundär endogen interpretiert werden, obwohl sie es sind (Huang und Platt 2003). Tritt eine MRSA Infektion auf, ist die Mortalität im Vergleich zu sensiblen Stämmen signifikant erhöht (Cosgrove et al., 2003) (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2014).

Nosokomiale Infektionen durch Koagulase-negative Staphylococcen (KNS) werden oftmals als primär endogene Infektionen gewertet, da diese Gruppe bei fast allen Menschen in der eigenen Haut- und Schleimhautflora vorkommt. Damit wird angenommen, dass die Vermeidbarkeit sehr schwierig ist. Dennoch gibt es in der Literatur Berichte über sich in Krankenhäusern endemisch ausbreitende Cluster an KNS (Widerström et al., 2012).

Streptokokken sind oft Teil der endogenen Flora des Oropharynx und der Haut. Ausnahmen sind *S. pyogenes* und *S. pneumoniae*. Bei diesen ist eine Zunahme antibiotischer Resistenzen zu beobachten. Auch als Erreger von Scharlach und durch die schwerwiegende Komplikation der nekrotisierende Fasziitis ist die Bedeutung dieser Gruppe nicht zu unterschätzen (Suerbaum et al., 2016). Streptokokken der Lancefield B Gruppe (z.B. *S. agalacticae*) haben vor allem eine Relevanz für Neugeborene, da diese vergleichsweise anfällig für nosokomiale Infektionen sind. Für Erwachsene hat die Gruppe nur eine fakultativ pathogene Bedeutung. Bei postpartalen Müttern sind Puerperalinfektionen wie Sepsis oder Endometritis möglich (Suerbaum et al., 2016).

Enterokokken sind sehr umweltresistente Bakterien, die Tage bis Wochen auf unbelebten Oberflächen überleben können (Kramer et al., 2006). Ihr Hauptreservoir sind der GI-Trakt und kolonisierte Wunden. Apparente Infektionen können im Wesentlichen in Form von Harnwegsinfektionen auftreten. Es besteht oft eine hohe intrinsische Resistenz gegenüber Antibiotikaklassen.

Clostridien sind als Sporenbildner (Kramer et al., 2016) äußerst umweltresistent und können bei verbesserten Umweltbedingungen wieder zu aktiven Erregern werden. Das führt zu einem langandauernden Vorkommen der Sporen in der aktuellen und vorherigen Umgebung von infizierten Individuen.

Die für nosokomiale Infektionen wichtigste Art ist das inzwischen als *Clostridioides* umbenannte *Clostridium difficile* mit durch diesen Erreger ausgelösten *Clostridium-difficile*-assoziierten-Diarrhö (CDAD). Selten treten andere Clostridienarten, wie z.B. *C. perfringens* oder *C. tetani* als Erreger nosokomialer Infektionen auf (Kramer et al., 2016).

Weitere Arten, die selten nosokomiale Infektionen auslösen können sind *Propionibacterium acnes* mit low-grade Infektionen an Implantaten und *Listeria monocytogenes* mit schwerer Meningitis und Sepsis bei Schwangeren und Föten, Neugeborenen und Immunsupprimierten.

1.1.4.2 Gram-negative Bakterien (Kramer et al., 2016)

Die Gruppe der gram-negativen Stäbchen löst seit langem die Mehrzahl der nosokomialen Infektionen aus, doch geriet diese Gruppe eher wegen den in den letzten Jahren steigenden Antibiotika-Resistenzraten und der damit einhergehenden schlechteren Behandelbarkeit in den Blickpunkt.

Gram-negative Bakterien finden sich v.a. in feuchten Umgebungen (Schulster LM et al., 2004). Ob Infektionen durch resistente Stäbchen tatsächlich eine höhere Mortalität als sensible bedingen, konnte in einer 2017 veröffentlichten Fall-Kontroll-Studie nicht beantwortet werden (Dicks et al., 2017), aber in einer systematischen Analyse der Literatur konstatierte die KRINKO 2012 ein erhöhtes Mortalitätsrisiko für Infektionen mit 3-/4-MRGN Stämmen von *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Acinetobacter baumannii* (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2012b). Ein weiteres Problem ist dabei auch, dass kolonisierte Patienten nicht sicher sanierbar sind (Kramer et al., 2016) und resistente Erreger über Jahre im Darm verweilen können (Lübbert et al., 2014).

Eine besondere Rolle für die Verbreitung von extended spectrum β -lactamase (ESBL)-bildenden Bakterien spielt wahrscheinlich der Nachweis von ESBL-Bildnern in Nahrungsmitteln und Wasser. Dieses Reservoir kann zu Infektionen des Menschen führen (Robert Koch-Institut, 24. November 2014).

Einige resistente Unterarten neigen dazu in Krankenhäusern endemisch zu werden. In Italien entwickelte sich z.B. eine endemische Situation an nosokomialen Infektionen

durch KPC-Träger (Nordmann 2014). *Escherichia coli* war 2016 der häufigste Erreger nosokomialer Infektionen in Deutschland (Behnke et al., 2017). Zu den häufigsten spezifischen Infektionen gehören dabei Harnwegs-, Wund- und Atemwegsinfektionen im Zusammenhang mit invasiven medizinischen Eingriffen wie Katheter-Anlagen oder Operationen (Kramer 2016, S. 239). Neben der Häufigkeit sind auch die Resistenzraten dieses Erregers besorgniserregend (Vigil et al., 2009). Diese Resistenzen führen dann, beispielhaft bei ESBL-bildenden *Escherichia coli* gezeigt, auch zu einer signifikant höheren Mortalität (Schwaber und Carmeli, 2007).

Die wichtigste Art der Klebsiellen ist *Klebsiella pneumoniae*, aber auch *Klebsiella oxytoca* führt gelegentlich zu nosokomialen Infektionen. *Klebsiella pneumoniae* ist durch Schleimkapselbildung besonders umweltresistent, was sogar zu einem Überdauern bei Desinfektionsmittelkontakt führen kann (Reiss et al., 2000). Für Klebsiellen gibt es eine Reihe von Berichten über nosokomiale Ausbrüche, beispielhaft in Frankreich (Cuzon et al., 2011). Diese auffällige Anzahl an Ausbrüchen könnte auf einen größeren Anteil an exogenen Infektionen hinweisen als bei anderen Erregern (Kramer et al., 2016). In Deutschland und anderen Ländern sorgten Klebsiellen für Aufsehen, da sie bei Endoskopien übertragen wurden (Gastmeier und Vonberg, 2014).

Die meisten der anderen Enterobacteriaceae sind eher als apathogen einzustufen.

Pseudomonas aeruginosa kann mannigfaltige nosokomiale Infektionen auslösen. Die Transmission von Mensch zu Mensch ist v.a. bei nosokomialen Infektionen von Bedeutung. Dabei dienen z.B. kontaminierte Wasserhähne und Medizinprodukte als Überträger (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2012b). Allerdings gibt es auch Untersuchungen, die zeigen, dass infizierte Patienten bereits bei Aufnahme kolonisiert waren und so eine endogene Genese möglich war (Bergmans et al., 1998). Auf Risikostationen, wie z.B. der Intensivstation, erleiden ca. 50 % der kolonisierten Patienten eine Infektion (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2012b). Zudem ist der Anteil von antibiotikaresistenten Stämmen bei Pseudomonaden hoch, oft liegt sogar eine Multiresistenz vor (3-/4-MRGN 2016; 7 %/4 %, auf Intensivstationen sogar noch höher (Kramer et al., 2016)). Die Mortalität einer *Pseudomonas aeruginosa* Sepsis ist gegenüber einer *S. aureus* Sepsis erhöht.

Stenotrophomonas maltophilia als Unterart der Pseudomonaden (Madigan et al., 2013) ist ebenfalls ein Feuchtkeim und kann Biofilme bilden. Insgesamt hat der Erreger eine geringe Pathogenität, aber v.a. bei Immunsupprimierten können schwere Infektionen ausgelöst werden.

Acinetobacter spp. hebt sich als Gattung durch ihre Fähigkeit ab, unter trockenen Umweltbedingungen, wie z.B. in Staub, Monate überleben zu können (Kramer et al., 2006). *Acinetobacter baumannii* findet sich v.a. in Krankenhäusern, was für eine feste Rolle im Ökosystem Krankenhaus spricht. Diese Art gehört zur klinisch besonders wichtigen *Acinetobacter-calcoaceticus-baumannii*-Komplex-Gruppe. *Acinetobacter baumannii* führt häufig zu nosokomialen Pneumonien, besonders in der Gruppe der beatmungs-assoziierten Pneumonien (Kramer et al., 2016).

Diese ausgeprägte Umweltpersistenz führte in einer Untersuchung auch dazu, dass die Vorbelegung eines Zimmers mit einem Patienten mit nachgewiesenem multiresistenten *Acinetobacter baumannii* ein unabhängiger Risikofaktor für den nosokomialen Erwerb des gleichen für den folgenden Patienten in dem Zimmer ist. Das Gleiche gilt für multiresistente Pseudomonaden (Nseir et al., 2011).

1.2 Krankenhausmatratzen als Risikofaktor für nosokomiale Infektionen

Infektionspräventiv sind die Themen regelmäßige Händehygiene, Reinigung und Desinfektion von Flächen, Aufbereitung von Medizinprodukten, Abfallentsorgung, Umgang mit Wäsche und Geschirr und die persönliche Hygiene inklusive des Einsatzes persönlicher Schutzausrüstung von besonderer Bedeutung (Vgl. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2014). Im Bereich der Flächenhygiene sind insbesondere solche Flächen von Bedeutung, die häufigen Hände- oder Körperkontakt haben, da sich so leicht Infektions- oder Kolonisationsketten bilden können (Christiansen B. et al., 2004). Dies trifft sicher auf die Matratze zu.

In diesem Abschnitt soll die Krankenhausmatratze in ihrem rechtlichen Rahmen als Medizinprodukt, in den Rahmenbedingungen der Aufbereitung als Medizinprodukt und in ihrer Rolle als Ursache nosokomialer Infektionen eingeordnet werden.

1.2.1 Rechtlicher Rahmen zur Sicherstellung hygienischer Standards in deutschen Krankenhäusern

In diesem Kapitel werden die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Vermeidung nosokomialer Infektionen und der Verwendung von Medizinprodukten unter hygienisch-funktionellen Aspekten beschrieben.

1.2.1.1 Im Sozialgesetzbuch

Nach dem **SGB V §§ 135-137** (Bundestag, 20.12.1988) zur gesetzlichen Krankenversicherung sind grundsätzlich alle Leistungserbringer der Gesetzliche Krankenversicherung im Gesundheitswesen dazu verpflichtet, eine Qualitätssicherung mit dem Ziel der Verbesserung der Ergebnisqualität zu implementieren. Dieser soll der aktuelle Stand der Wissenschaft zu Grunde liegen. Bei Verstößen drohen Strafen verschiedener Art. Die Deutsche Krankenhausgesellschaft soll Ihre Beratungshilfen so formulieren, dass keine Zielvereinbarungen zwischen Krankenhaus und leitenden Ärzten getroffen werden, die finanzielle Anreize für gewisse Leistungsmengen vorsehen, um die Unabhängigkeit medizinischer Entscheidungen zu erhalten.

Da Hygiene-assoziierte Themenbereiche auch ein Faktor der Ergebnisqualität eines jeden Leistungserbringers sind, wurde im §136a Absatz 1 explizit festgeschrieben, dass zur Krankenhaus-übergreifenden Qualitätssicherung Indikatoren für die Rubriken nosokomiale Infektionen, antimikrobielle Resistenzen, Antibiotikaverbrauch und nach Empfehlungen des IfSG § 23 Absatz 1 und 2 festzulegen und in einem Qualitätsbericht nach SGB V § 136b Absatz 1 Satz 1 Nummer 3 darzustellen sind.

1.2.1.2 Im Infektionsschutzgesetz

Zusätzlich wurden im IfSG Abschnitt „Verhütung übertragbarer Krankheiten“, und dabei v.a. im § 23 „Nosokomiale Infektionen; Resistenzen; Rechtsverordnungen durch die Länder“, Gesetze zur Sicherung der Hygiene festgelegt. (Bundestag, 2000) So soll nach *Absatz 1* durch das Robert-Koch-Institut (RKI) eine Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) eingerichtet werden. Diese soll Empfehlungen zur Prävention nosokomialer Infektionen und zu Themen betrieblich-organisatorischer und baulich-funktioneller Maßnahmen in medizinischen Einrichtungen erarbeiten. Zusätzlich ist in *Absatz 2* die Kommission „Antiinfektiva, Resistenz und Therapie“ (ART) des RKI legitimiert. Sie soll Empfehlungen für Diagnostik und Therapie v.a. von resistenten Krankheitserregern erarbeiten. Im *Absatz 3* wird die Verantwortung für die Verhütung von nosokomialen Infektionen den Leitern der jeweiligen Krankenhäuser und anderen medizinischen Einrichtungen übertragen. Besonders relevant für die Praxis ist dabei, dass diese Verantwortung als erfüllt gilt, wenn die aktuellen Empfehlungen der KRINKO und der ART-Abteilung des RKI erfüllt werden. Nach *Absatz 4* sind Resistenzberichte und Antibiotikaverbrauch in einer gesonderten Niederschrift zu dokumentieren (*Absatz 4a*: Das RKI veröffentlicht und aktualisiert im Bundesgesundheitsblatt wie und welche

Resistenz- und Antibiotikadaten erfasst werden müssen; Referenzdaten werden im NRZ veröffentlicht (Robert Koch-Institut, 2013) (Schweickert et al., 2013) (Bundesgesundheitsblatt, 2013)). Aus der Dokumentation müssen bei Auffälligkeiten ggf. Präventionsmaßnahmen abgeleitet werden. Laut *Absatz 5* sind die o.g. Leiter medizinischer Einrichtungen dafür verantwortlich, dass Arbeitsanweisungen zur Sicherung der Hygienestandards in Hygieneplänen festgelegt sind. In *Absatz 6 und 7* wird das jeweilige Gesundheitsamt befähigt, Krankenhäuser und andere Einrichtungen infektionshygienisch zu überwachen. Im *Absatz 8* werden die Länder verpflichtet konkrete Rechtsverordnungen für verschiedene medizinische Einrichtungen zu den Themen Prävention, Erkennung, Dokumentation und Bekämpfung von nosokomialen Infektionen (speziell solcher mit Antibiotikaresistenzen) zu erlassen.

1.2.1.3 Im Medizinproduktegesetz

Das Medizinproduktegesetz (MPG) resultierte 1994 aus der Umsetzung der europäischen „Richtlinie 93/42/EWG des Rates der europäischen Gemeinschaft vom 14. Juni 1993 über Medizinprodukte“. Darin ist unter anderem die funktionelle und hygienische Sicherheit von Medizinprodukten geregelt.

Laut § 2 gelten all jene Produkte als Medizinprodukt, die entsprechend gekennzeichnet sind, oder im Sinne der Medizinprodukte-Betreiberverordnung als Medizinprodukt genutzt werden. Es ist also Vorsicht bei der Verwendung von nicht als Medizinprodukt gekennzeichneten Utensilien am Patienten geboten, da diese trotzdem unter die Gerichtsbarkeit des MPG fallen, wenn sie als solche genutzt werden.

In § 5 wird die Verantwortung für die nach MPG gestellten Anforderungen an die Institution übertragen, die zuerst die Abgabe des neuen oder neu aufbereiteten Medizinproduktes im Europäischen Wirtschaftsraum durchgeführt hat. Dieser Vorgang wird Inverkehrbringen genannt.

Als Voraussetzung für das Inverkehrbringen ist laut § 6 Absatz 1 i.d.R. eine CE-Kennzeichnung notwendig.

In § 9 Absatz 1 wird festgelegt, dass für sonstige Medizinprodukte, wie z.B. Matratzen, die CE-Kennzeichnung gemäß Anhang XII der Richtlinie 93/42/EWG zu verwenden ist. Durch die CE-Kennzeichnung wird dann bestätigt, dass ein Konformitätsbewertungsverfahren gemäß den Anhängen II, IV, V und VI der Richtlinie 93/42/EWG durch eine benannte Stelle durchgeführt worden ist und so zur Berechtigung zur Anbringung des CE-Kennzeichens geführt hat.

Im § 13 Absatz 1 wird gefordert, dass Medizinprodukte nach Anhang IX der 93/42/EWG klassifiziert werden.

Wichtig ist auch § 14, der es verbietet Medizinprodukte zu betreiben, wenn diese Mängel aufweisen, die zu einem Schaden am Menschen führen können.

Im vierten Abschnitt des Gesetzes ist festgeschrieben, dass i.d.R. eine Bewertung klinischer Daten für Medizinprodukte nötig ist. Nach durchlaufen dieser Schritte hat nach Abschnitt fünf § 26 eine weiterführende Überwachung der von mit Herstellung oder Aufbereitung von Medizinprodukten betrauten Einrichtungen in Deutschland durch zuständige Behörden zu erfolgen und Risiken sind nach § 29 i.d.R. durch die zuständige Bundesoberbehörde zu erfassen und zu bewerten.

Allerdings wurde 2017 die neue europäische Medizinprodukteverordnung „VERORDNUNG (EU) 2017/745 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über Medizinprodukte, zur Änderung der Richtlinie 2001/83/EG, der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und der Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 und zur Aufhebung der Richtlinien 90/385/EWG und 93/42/EWG des Rates“ (Europäische Union, 2017), verabschiedet, die spätestens am 26. Mai 2020, ohne der Notwendigkeit in nationalem Recht umgesetzt werden zu müssen, verbindlich wird. Die wichtigsten Neuerungen (Bundesministerium für Gesundheit, 2018) bestehen dabei in:

- einer Konkretisierung benannter Stellen und der Anforderungen für die klinische Prüfung,
- der Berufung eines Expertengremiums zur Prüfung von Medizinprodukten mit hohem Risiko,
- Verschärfung der Marktüberwachung,
- Einführung eindeutiger Produktionsnummern,
- Erweiterung der europäischen Datenbank für Medizinprodukte und In-vitro-Diagnostika (EUDAMED),
- und anderen.

Diese Neuerungen stellen also insgesamt eine verschärfte Prüfung und Überwachung von Medizinprodukten dar.

1.2.1.4 In der Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV) (Das Bundesministerium für Gesundheit, 2002)

Diese legt die Pflichten des Betreibers und Anwenders fest. Wichtig sind dabei ordnungsgemäße Wartung und Aufbereitung der Medizinprodukte. So muss der Anwender sich

nach § 3,7 & 8 vor Gebrauch eines Medizinproduktes von dem ordnungsgemäßen Zustand überzeugen und die aufbereitende Person muss die entsprechende Sachkenntnis dafür aufweisen. Außerdem darf der Anwender Medizinprodukte i.d.R. nur für die vom Hersteller vorgesehenen Einsatzzwecke und/oder nach allgemein anerkannten Regeln der Technik nutzen (§ 4).

In § 8 Absatz 1 wird gefordert, dass zur Aufbereitung von bestimmungsgemäß keimarmen oder sterilen Medizinprodukten nur validierte Verfahren eingesetzt werden sollten. Eine ordnungsgemäße Aufbereitung liegt nach Absatz 2 dann vor, wenn die gemeinsame Empfehlung der KRINKO und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte zu den Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten eingehalten wird.

Außerdem müssen messtechnische Kontrollen durchgeführt werden (§ 14).

1.2.1.5 In weiteren beteiligten Regelungen

Weitere Standards werden durch die *Trinkwasserverordnung*, die *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen*, die *Grundsätze der Prävention* und die *TRBA 250* festgelegt.

1.2.2 Die Aufbereitung von Medizinprodukten

Dieses Kapitel beruht auf der aktuellen gemeinsamen Empfehlung der KRINKO und des Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) zu den „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2012a), die laut Gesetz zur ordnungsgemäßen Aufbereitung von Medizinprodukten einzuhalten ist (MPBetreibV § 8 Absatz 2).

Da Medizinprodukte grundsätzlich eine Infektionsquelle darstellen können, müssen diese aufbereitet werden. Die Aufbereitung muss dabei gemäß gesetzlichen Vorgaben, bekannten Grenzen der Verfahren und Qualitätsmanagement-Richtlinien durchgeführt werden. Die Empfehlung gilt für die Aufbereitung von ambulant und stationär genutzten Medizinprodukten, die zum direkten körperlichen Kontakt oder zum durchleiten, verändern oder Aufbewahren von Blut, Blutbestandteilen oder anderen dem Körper entstammenden Materialien gedacht sind.

Die Verantwortung für die korrekte Aufbereitung liegt bei dem Betreiber der Einrichtung. Es ist erforderlich, das Aufbereitungsprozedere schriftlich festzulegen und die

Verantwortlichkeiten klar zu verteilen. Dabei müssen die Beauftragten auch die für ihre Verantwortlichkeit nötige Sachkenntnis besitzen.

Um ein Medizinprodukt wiederverwenden zu können, muss zunächst die Wirksamkeit der Aufbereitung bewiesen und ein validiertes Prüfkonzept der Aufbereitung durch den Hersteller festgelegt sein. Zur Erstellung des Prüfkonzeptes muss der Hersteller eine Risikobewertung des Produktes insgesamt, aber auch der Aufbereitung, durchführen und wirksame Maßnahmen zur Risikominimierung nach der Norm DIN EN ISO 14971 festlegen.

Diese Informationen zur sicheren Aufbereitung eines Medizinprodukts hat der Hersteller dann dem Nutzer gemäß der Norm DIN EN ISO 17664 bereitzustellen, Diese drückt keine konkreten Aufbereitungsvorgaben aus, sondern nur eine Auflistung der kritischen Schritte bei der Wiederaufbereitung allgemein, die von den Herstellern beachtet werden sollen.

Sollte der Betreiber eines Medizinproduktes von den Empfehlungen des Herstellers abweichen, sollte dies gut begründet und dokumentiert werden, um Funktions- und Anwendungssicherheit nicht zu gefährden.

Zusätzlich muss der Betreiber oder der vom Betreiber ernannte Verantwortliche das Medizinprodukt in eine Risikokategorie einordnen, die dem zu erwartenden Risikoprofil des Produktes in der vorgesehenen Anwendung am besten entspricht.

Unkritisch:

Nur Kontakt mit intakter Haut.

Semikritisch:

Nur Kontakt mit intakter Schleimhaut oder krankhaft veränderter Haut.

a: Ohne besondere Anforderungen (z.B. massive Instrumente)

b: Erhöhte Anforderungen (z.B. Reinigung nicht optisch beurteilbar; aufwendige Prüfung)

Kritische Medizinprodukte:

Zur Anwendung von Blut, Blutprodukten oder sterilen Arzneimitteln und sterilen Medizinprodukten, die zur Anwendung die Haut oder Schleimhaut durchdringen und in Kontakt mit Blut, innerem Gewebe oder Wunden kommen.

a: Ohne besondere Anforderungen.

b: Erhöhte Anforderungen (z.B. Reinigung nicht optisch beurteilbar; empfindliche Instrumente, begrenzte Zyklenzahl etc. => aufwendige Prüfung)

c: Besonders hohe Anforderungen (z.B. hitzelabile Medizinprodukte)

Die KRINKO/BfArM-Empfehlung sieht bei kritischen Medizinprodukten stets eine Sterilisation vor. Bei unkritischen Medizinprodukten reicht in der Regel eine Reinigung und Desinfektion aus.

Auf Basis der Gebrauchsanweisung des Herstellers und der Risikozuordnung und ggf. weiterer Informationen legt der Betreiber des Produktes dann die endgültigen Schritte der Aufbereitung fest.

Dabei muss der Betreiber oder Verantwortliche sicherstellen, dass alle Einzelschritte und gerade die Kombination aus diesen das Medizinprodukt sicher und validierbar aufbereitet.

Eine Aufbereitung besteht i.d.R. aus den Schritten 1. Vorbereitung, 2. Reinigung, 3. Zwischenspülung, 4. Desinfektion, 5. Spülung und Trocknung, 6. Prüfung technisch-funktionaler Sicherheit, 7. Verpackung, 8. Sterilisation, 9. Kennzeichnung, 10. Freigabe, 11. Dokumentation und 12. Transport und Lagerung.

Es darf zu keiner Fixierung von Rückständen oder Proteinen am Medizinprodukt kommen, da dies den infektiologischen Aufbereitungserfolg gefährdet. Die kritischen Schritte sind dabei insbesondere die Vorbereitung und Reinigung:

- Es muss ein am besten alkalisches Reinigungsmittel mit nach DIN EN ISO 15883 geeigneter Reinigungsleistung verwendet werden.
- Reinigungsmittel müssen spätestens bei sichtbaren Verschmutzungen sofort ausgetauscht werden.
- Besondere Vorsicht bei mit Prionen kontaminierten Medizinprodukten walten lassen (Anlage 7 KRINKO/BfArM-Empfehlung).
- Es müssen i.d.R. alle inneren und äußeren Oberflächen gereinigt und desinfiziert werden können.
- Arbeitsschutz muss durch entsprechende Maßnahmen gewährleistet sein.
- Das Medizinprodukt darf bis zur Benutzung nicht kontaminiert werden (v.a. Transport und Lagerung).

1.2.2.1 Die Aufbereitung von Krankenhausbetten

Zum Patientenbett zählen dabei das Bettgestell, montierbare Zusatzteile, elektrische Bestandteile, die Matratze und Matratzenauflagen, Kopfkissen/Decke/Bettwäsche und der Nachttisch. Nötig ist die besondere Aufbereitung, da Krankenhauspatienten i.d.R. anfälliger sind als die Durchschnittsbevölkerung und so anders als bei z.B. Hotelbetten eine desinfizierende Reinigung nötig ist. Bei Untersuchungen wurden Übertragungen von Erregern mit und ohne Antibiotikaresistenzen auf Patientenbetten beschrieben und es wurden Infektionen dadurch ausgelöst (Gruber et al., 2016). Bereits nach einer Woche wurden in 52,4 % der Matratzenproben und 59,5 % der Bettgestelle von Betten von wegen MRSA isolierten Patienten MRSA nachgewiesen (Sexton et al., 2006). Auch eine Vermehrung von *S. aureus* in Schaumstoff-Matratzen wurde nachgewiesen. Ursächlich dafür war zum einen die Kontamination mit den Erregern, zum anderen aber auch die Anreicherung von wasserlöslichen Nährstoffen (Jenkins und Sherburn, 2008). Nosokomiale Infektionen durch Matratzen sind also eine reale Gefahr und besonders im Kontext der Entstehung von multiresistenten Krankheitserregern und deren Verbreitung von Bedeutung.

1.2.2.2 Anforderungen an die Aufbereitung von Krankenhausbetten

Krankenhausbetten sind i.d.R. den Klasse-I-Medizinprodukten, also den unkritischen Medizinprodukten, zuzuordnen. Sie müssen den Anforderungen des MPG und der MPBetreibV genügen. Insbesondere müssen alle Teile vollständig desinfizierbar und alle Komponenten wasserdicht sein. Außerdem müssen Oberflächen glatt und Reinigungs- und Desinfektionsmittelbeständig sein (Kramer et al., 2016). Abhängig vom Bundesland können besondere Regelungen zur Aufbereitung von Patientenbetten in der Krankenhausbetriebs-Verordnung festgelegt sein (Gruber et al., 2016).

Der Matratze als Teil des Krankenhausbettes kommt dabei besondere Bedeutung zu, da diese großflächigen und zeitlich langen Kontakt zum Patienten hat und von der Patientenumgebung mit am stärksten durch die körpereigene Bakterienflora kontaminiert wird und so ein Risiko für nosokomiale Übertragungen von Infektionen darstellt. Bei ca. 35 % der Patienten die wegen gram-positiven und 5 % die wegen gram-negativen Bakterien isoliert wurden, waren die Bakterien auf dem Bettlaken nachweisbar (Lemmen et al., 2004). Besonders groß ist die Gefahr der Kontamination bei Patienten mit Wundinfektionen, Pneumonien mit Auswurf, Harnwegsinfektionen mit Inkontinenz und Darminfekten (Gruber et al., 2016).

Sollen Matratzen manuell und nicht maschinell aufbereitet werden, so sollte ein desinfizierbarer, Flüssigkeits- und Erreger-dichter Überzug, der gleichzeitig aber atmungsaktiv ist, verwendet werden. Diese Überzüge werden Encasings genannt. Es sollte mindestens die Liegefläche bedecken, besser noch die komplette Matratze. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so muss der Matratzenkern nicht extra aufbereitet werden, außer das Encasing ist beschädigt oder der Matratzenkern verschmutzt (Gruber et al., 2016). Die CDC empfiehlt nach jeder Patientenentlassung eine Reinigung und Desinfektion des Matratzen-Encasings durchzuführen. Ein Bettlaken zählt dabei nicht als Encasing (Schulster LM et al., 2004).

Die Bettwäsche, Kissen und Decken sollten sauber und keimarm sein. Dazu sollten Kissen- und Deckenfüllung für den Fall einer sichtbaren Verschmutzung thermisch oder chemothermisch desinfizierbar sein, falls keine Encasings verwendet werden. Dies ist häufig der Fall, da dies den Komfort der Patienten einschränkt. Auf Risikostationen wie z.B. Intensivstationen müssen die Kerne nach jedem Patienten desinfiziert werden, wenn kein Encasing verwendet wird. Auch auf chirurgischen Stationen ist dies zu empfehlen, um Wundinfektionen vorzubeugen (Gruber et al., 2016).

Neben den hygienischen Aspekten soll das Bett auch dem Aspekt des Personalschutzes (Ergonomie etc.), Patientenschutzes (keine Rückstände von Reinigungsmittel etc.) und des Komforts (atmungsaktive Materialien, bequemes Liegen etc.) genügen (Gruber et al., 2016).

1.2.2.3 Umsetzung der Aufbereitung von Krankenhausbetten

Zur Aufbereitung gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Systeme. Das erste ist die zentrale Aufbereitung in einem extra dafür vorgesehenen Trakt, das zweite die dezentrale Aufbereitung der Betten in einem auf den Stationen dafür vorgesehenen Raum oder direkt im Patientenzimmer. In den 1990er Jahren wurde aus Angst vor Erregerverbreitungen während der Aufbereitung und aus Platzmangel vor allem eine zentrale Aufbereitung empfohlen (Sonntag, 2008). In der folgenden Zeit hat sich jedoch die dezentrale Bettenaufbereitung durchgesetzt, da diese deutlich günstiger ist (ca. 1,75 € manuell dezentral vs. ca. 7,94 € zentral maschinell pro Bett (Winkelmann et al., 2008)) und die heutigen Betten deutlich komplexer aufgebaut und schwer maschinell standardisiert aufzubereiten sind. Außerdem tritt bei der manuellen Reinigung weniger Materialverschleiß auf und die Gefahr der Verbreitung von Krankheitserregern während des Transports ist geringer. Die dezentrale Aufbereitung kann dabei durch den Pflege-, Hol- und Bringe- oder

Reinigungsdienst durchgeführt werden, wobei es durch den Reinigungsdienst i.d.R. finanziell gesehen am günstigsten ist (Winkelmann et al., 2008). Die Verantwortung für die ordnungsgemäße Übergabe der Betten obliegt dabei dem eingeteilten Personal. Der Krankenhaushygieniker muss das Personal jedoch adäquat anleiten, überwachen und kontrollieren. Dies ist bei der manuellen Aufbereitung von Krankenhausbetten schwierig, da es keine Parameter-gestützte Validierung dafür gibt. Deshalb müssen detaillierte Standard Operating Procedure (SOP) ausgearbeitet werden, deren Ergebnisqualität durch stichprobenartige Sichtkontrollen und mikrobiologische Untersuchungen überprüft werden sollte. Zum Schutz vor Infektionen während der Aufbereitung von Betten sollten parallel keine pflegerischen oder ärztlichen Maßnahmen durchgeführt werden. Bei isolierten Patienten sollte das Bett im Rahmen der Schlussdesinfektion mit aufbereitet werden (Kramer et al., 2016). Die Ergebnisqualität wurde in einer prospektiven Studie als Vergleich zwischen manueller und maschineller Aufbereitung untersucht und in Form des Surrogatparameters Adenosintriphosphat (ATP) gemessen. Das Reinigungsergebnis war bei der maschinellen Aufbereitung besser (Hopman et al., 2015).

Die Aufbereitung soll dabei nach Risikoprofil erfolgen: (Gruber et al., 2016)

1. Patient ohne bekannte kritische Kolonisation/Infektion:

Einmal pro Tag sollen Bett, Nachtschrank und patientennahe Flächen durch den Reinigungsdienst wisch-desinfiziert werden und zusätzlich Pflegekräfte sichtbare Verschmutzungen entfernen. Bettwäsche soll nur bei sichtbarer Verschmutzung oder Risikopatienten (Intensivstation etc.) täglich gewechselt werden. Ziel ist die optische Sauberkeit, Unterbrechung von Infektionsketten und Verhinderung von Rekolonialisierung.

Bei Entlassung oder Verlegung soll die Wäsche komplett zur Reinigung gegeben werden und das Bettgestellt, vorhandene Encasings, der Nachtschrank und die Kleiderschrankflächen wisch-desinfiziert werden. Danach soll das Bett frisch bezogen und mit einer Folie bis zur Wiederverwendung abgedeckt werden. Dabei soll darauf geachtet werden, dass die Encasings nicht defekt, verschmutzt oder durchfeuchtet sind. Ist dies der Fall sollen sie ersetzt werden. Hier geht die Empfehlung der CDC noch etwas weiter und empfiehlt sichtbar fleckige Matratzen auszusortieren, wozu die AWMF-Leitlinie sich nicht explizit äußert (Schulster LM et al., 2004). Des Weiteren sollen Kopfkissen- und Bettdeckenkerne auf Verschmutzungen hin geprüft werden.

Um stets eine ausreichende Menge an sauberen Betten garantieren zu können sollte eine gute Planung der Patientenentlassungen durch die Stationen gelebt und ein Personalpuffer an Reinigungskräften für ungeplante Entlassungen vorgehalten werden.

2. Patient mit bekannter kritischer Kolonisation/Infektion oder chirurgische Patientenbetten:

Bei der täglichen Aufbereitung im Vergleich zur Aufbereitung ohne kritische Kolonisation/Infektion ergibt sich die Besonderheit, dass bei dem Versuch der Dekolonialisierung eines Patienten ein täglicher Wechsel der Bettwäsche und eine tägliche Wischdesinfektion der Encasings durchzuführen ist. Bei multiresistenten Erregern sollten Encasings auch für Kopfkissen verwendet werden. Bei einer Entlassung oder Verlegung muss zusätzlich zum Prozedere von 1 auf die Wahl eines adäquaten Desinfektionsmittels für den Erreger, die Wahl adäquater Schutzkleidung für die Aufbereitung und die adäquate Entsorgung/Aufbereitung von kontaminiertem Müll und Wäsche geachtet werden. Sollten keine wisch-desinfizierbaren Encasings verwendet werden, sollen Matratzen-, Kissen- und Bettdeckenkerne thermisch sterilisiert werden.

3. Sonderfälle:

Dazu zählen zum Beispiel die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit und quarantänepflichtige Erkrankungen. Diese erfordern spezielle Aufbereitungsmethoden.

Zusätzlich zu diesem Vorgehen ist eine Wartung notwendig. Dazu sollten die Betten mit ihrem Zubehör ca. einmal im Jahr auf ihren ordnungsgemäßen Zustand überprüft werden, falls der Hersteller nicht ein gesondertes Intervall vorschreibt. Die Matratzenkerne sollen dabei 12-24 Stunden an einem gut belüfteten Ort auslüften und die Encasings, Decken und Kissen einem Waschverfahren zugeführt werden. Sollten maschinelle Aufbereitungsanlagen verwendet werden, müssen diese routinemäßig mit Bioindikatoren und ggf. Thermologgern überprüft werden. Unabhängig vom Aufbereitungsmodus sollten Hygienefachkräfte regelmäßig frisch aufbereitete Betten optisch kontrollieren. Bei dezentraler-manueller Aufbereitung sollte dies mindestens monatlich erfolgen. Zusätzlich sollten halbjährlich bis jährlich mikrobiologische Stichproben genommen werden. Um die Aufbereitung aktuell zu halten, sollten die Leiter der Bettenaufbereitung alle drei Jahre eine Fortbildung für Desinfektoren besuchen (Gruber et al., 2016).

1.2.3 Epidemiologie und Ursachen von nosokomialen Infektionen durch Krankenhausmatratzen

In der Literatur finden sich zahlreiche Beispiele, die belegen, dass aus einer mit Krankheitserregern kontaminierten Matratze auch nosokomiale Infektionen entstehen können.

Tabelle 5 - Auflistung der durch kontaminierte Matratzen ausgelösten nosokomialen Infektionen.

Erreger ^o	Station	Land ^{oo}	Infi- zierte/ Kolo- ni- sierte	Jahr ^{ooo}	En- cas- ing ?	En- casing beschä- digt?	Mat- ratze auffäl- lig?	Ursache
E. cloacae (R) (van der Mee-Marquet et al., 2006)	chirurgische ICU	FR	12/3	2005	ja	nein	ja	Dekubitus Matratzen
Acinetobacter calcoaceticus (Sherertz und Sullivan, 1985)	Verbrennungsstation	USA	43/20	1985 publ.	ja	k.A.	ja	Matratzen
MRSA (Ndawula und Brown, 1991)	Postnatal-Station	UK	110	1989 /90	ja	ja	ja	Matratzen und weitere Umgebung
P. aeruginosa (R) (Fujita et al., 1981)	Verbrennungsstation	k.A.	k.A.	1979	ja	ja	ja	Silbernitrat auf Encasings; evt. Phenolreiniger
P. aeruginosa (Robertson et al., 1980)	Post-Prostatektomie Patienten	k.A.	17/k.A.	1976 /77	ja	ja	ja	Flüssigkeitsdurchlässige PVC-Überzüge
Salmonella worthington	Neonatalogie	IND	7	1988	k.A.	k.A.	k.A.	Matratzen, Bett und anderes

(Ayyagari et al., 1990)								
VRE (Orr et al., 1994)	k.A.	UK	3	1994 publ.	ja	nein	k.A.	Anti-Dekubitus Matratzen; evt. nicht richtig aufbereitet
MRSA (Rahman, 1993)	k.A.	k.A.	64	1986 /87	k.A.	k.A.	k.A.	Matratzen und andere Sachen der Patientenumgebung
MRSA (Moore und Williams, 1991)	Perinatalstationen	UK	64	1988	ja	ja	ja	Matratzen und andere Sachen der Patientenumgebung und hohe Rate an MRSA Trägerinnen
P. spp., S. aureus, E. faecium (O'Donoghue und Allen, 1992)	Orthopädie	k.A.	10	1992 publ.	k.A.	k.A.	k.A.	Eventuell fünf beschädigte und kontaminierte Matratzen
Salmonella wien (Hamami et al., 1991)	Neonat. ICU	TUN	27	1988	k.A.	k.A.	k.A.	Matratzen und Personal
P. aeruginosa (Grubb und Watson, 1982)	Herzchirurgie	UK	1/k.A.	1982 publ.	ja	ja	ja	Matratze und Warmhaltkreislauf
A. anitratu (R) + P. aeruginosa (Habib et al., 1993)	Verbrennungsstation	CAN	k.A./k.A.	1993 publ.	ja	ja	ja	Matratzen

E. cloacae (R) (Bousquet et al., 2017)	ICU	FR	8/10	2013	ja	ja	ja	Therapeutische Matratzen
--	-----	----	------	------	----	----	----	--------------------------

°(R)= antibiotikaresistenter Erreger

°°Das Jahr bezeichnet i.d.R. das Jahr des Ausbruchs. Publ. bedeutet, dass das Datum der Publikation angegeben wurde.

°°°UK = United Kingdom, FR = Frankreich, IND= Indien, TUN= Tunesien, CAN = Kanada, k.A. = keine Angabe).

Neben diesen Berichten untersuchten Viana et al. 2016 in Brasilien die Matratzenoberflächen von isolierten Patienten und fanden dort in einigen Fällen Bakterien, die vom vorherigen Patienten stammten und folglich die Bettenaufbereitung nicht erfolgreich war (Viana et al., 2016).

Ein Grund für solche Vorkommnisse ist z.B. die fehlende Verwendung eines Encasings, die inadäquate Reinigung und Desinfektion oder Beschädigung des Encasings. Ein Schaden kann mit der Zeit durch mechanische Belastungen, Kontakt mit spitzen Gegenständen oder der Verwendung von ungeeigneten Desinfektions- oder Reinigungsmitteln entstehen.

Gelangen dann Körperflüssigkeiten, Nährstoffe und Bakterien in das Innere der Schaumstoffmatratze, können Bakterien dort eine gewisse Zeit überleben und evtl. andere Patienten kolonisieren oder infizieren (Yu et al., 2016) (Jenkins und Sherburn, 2008) (Thomas, 1998). Die Rate an beschädigten Encasings lag bei einer Erhebung in einem Krankenhaus an 711 Matratzen bei ca. 39 % (Marks und Abboud, 2016). In einem Bericht wurden in einem Krankenhaus nach einem Zwischenfall alle 656 Matratzen mit Encasing überprüft und bei meist älteren 177 von außen nicht sichtbare Schäden der inneren waserdichten Schicht entdeckt, so dass die Flüssigkeitsimpermeabilität nicht mehr gesichert war (Bradbury et al., 2014). Dazu kommt die Problematik, dass eine Wischdesinfektion zwar zunächst eine gute Keimreduktion erreicht, es danach jedoch wieder zu einer Vermehrung der verbliebenen Pathogene kommen kann (am Beispiel von Bettgittern gezeigt (Attaway et al., 2012)). Sind die Erreger in den Polyurethan-Schaum gelangt, können diese bei Bewegung auf der Matratze als Aerosol freigesetzt werden (Sherburn und Jenkins, 2005).

1.3 Maßnahmen zur Vermeidung von nosokomialen Infektionen durch Krankenhausmatratzen

In einem Modellversuch wurde die Reinigung und Desinfektion der Patientenumgebung, nach der noch wichtigeren Händehygiene, als wichtige Maßnahme zur Infektionsprävention eingestuft (Barnes et al., 2014).

1.3.1 Desinfektion und Verwendung von Encasings

Die naheliegendste Präventionsmaßnahme ist die Desinfektion von kontaminierten Matratzen.



Abbildung 1 - Verschmutzung eines Krankenhausbettes im Regelbetrieb (Privatfoto Prof. R. Mutters)



Abbildung 2 - Fleckiger Schaumstoff Matratzenkern (eigenes Foto)

Die Wirksamkeit der Kombination von Desinfektionsmittel und Anwendung wird in Deutschland zum einen in der „Desinfektionsmittel-Liste des VAH“ bei vor allem bakteriziden und levuroziden Präparaten geprüft und veröffentlicht. Diese genügen dann den gesetzlichen Qualitätssicherungsanforderungen der Hygieneverordnungen der Länder (Kramer et al., 2016). Zum anderen prüft das Robert-Koch-Institut ebenfalls Präparate, die in einer Liste im Bundesgesundheitsblatt veröffentlicht werden. Das RKI legt dabei strengere Regeln an die Wirksamkeit zu Grunde, da die Präparate bei behördlich angeordneten Desinfektionsmaßnahmen auch bei stärkeren Kontaminationen wirksam sein

müssen (Kramer et al., 2016). Die Anwendung der gelisteten Substanzen wird auch von dem Arbeitskreis "Krankenhaus- & Praxishygiene" der AWMF empfohlen (Arbeitskreis "Krankenhaus- & Praxishygiene" der AWMF, 1998).

Besitzt die Matratze nur einen textilen Überzug, sollte sie wie andere poröse Güter auch thermisch mittels einem in der Leitlinie genannten fraktionierten Vakuumverfahren desinfiziert werden (Robert Koch-Institut, 2017). Diese Empfehlung widerspricht der Empfehlung bei der Aufbereitung grobe Verschmutzungen vor thermischer oder chemischer Desinfektion zu entfernen um eine Konservierung von Pathogenen zu vermeiden (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 2012a).

Wird hingegen ein Encasing verwendet ist die Empfehlungslage nicht hinreichend geklärt.



Abbildung 3 - Typisches Gefatex Encasing in einem der verbreitetsten Bettgestelle nach Wischdesinfektion (eigenes Foto)

Zwar empfiehlt die AWMF in Ihrer Leitlinie die Verwendung von Encasings und die Wischdesinfektion (Gruber et al., 2016), allerdings wird keine Wirkstoffempfehlung dafür ausgesprochen. Eine Empfehlung nach Material des Encasings und empfohlenem Präparat wäre wünschenswert. Laut VAH-Liste gibt es 520 Produkte (Stand 25.11.2019), die innerhalb von 5 Minuten auf Flächen bakterizid und levurozid wirksam sind (<https://vah-liste.mhp-verlag.de/>, 2019). Hierbei werden i.d.R. 5-lg Stufen Keimreduktion für Modellbakterien in einem Test unter praxisnahen Bedingungen als ausreichend zu Grunde gelegt (Verbund für Angewandte Hygiene e.V., 2017). Laut RKI-Flächendesinfektionsmittel-Liste ist eine sichere Wischdesinfektion von Flächen mit kurzer Einwirkzeit um 60 Minuten zwar bei vielen Mitteln möglich, allerdings wird darauf hingewiesen, dass bei porösen Materialien nicht bei allen eine sichere Wirksamkeit nachgewiesen ist. Gerade bei den Per-Verbindungen sei dies nicht sicher (Robert Koch-Institut, 2017). Die VAH-Liste

umfasst nach DIN EN 16615 lediglich die Wirkung auf nicht-porösen Oberflächen (Verbund für Angewandte Hygiene e.V., 2017). Encasing-Hersteller nutzen i.d.R. den Zusammenschluss von zwei Komponenten, einer porösen Polyurethan-Membran und ein darunter liegendes Trägermaterial, um das Encasing atmungsaktiv zu gestalten (FRANKE Matratzen GmbH & Co. KG, 2015). Ob dies nun der Definition „porös“ des RKI oder der VAH entspricht ist unklar. Hooker et al. haben bei weichen und porösen Flächen Zweifel geäußert, ob Desinfektionsmittel die von der Environmental Protection Agency (EPA; zuständige Prüfbehörde USA) für harte und nicht poröse Oberflächen getestete Präparate dort ähnlich gut wirken. In der Studie von Hooker et al. mit einer quaternären Ammoniumverbindung war dies nicht der Fall (Hooker et al., 2012). Im Bereich der 60 Minuten A&B wirksamen Verfahren (bakterizid, fungizid und viruzid) wird vom RKI lediglich das „Wofasteril-Kombiverfahren Wofasteril 2 % und Alcapur 6 %“ bei porösen Oberflächen empfohlen. Bei längerer Einwirkzeit kommen auch einige Formaldehyd- und Chlorverbindungen hinzu (Robert Koch-Institut, 2017).

Weiterhin ist im Allgemeinen nicht sicher bewiesen, dass eine Reinigung und Desinfektion einen dauerhaften Effekt hat, da sich einige Bakterienarten bereits Stunden nach der Desinfektion z.B. auf Bettgittern wieder erholen können (Attaway et al., 2012), obwohl diese auf Grund der harten und eher nicht-porösen Oberfläche besser zu desinfizieren sein sollten. Andere Studien, wie die von Andrade et al. von 1998, zeigen, dass z.B. die Kombination aus einem Desinfektionsmittel und einem phenolhaltigen Detergenz zu ungenügenden Ergebnissen führt (Andrade et al., 2000) und es Hinweise gibt, dass die Aufbereitung die Bakterien nur verteilt und nicht eliminiert (Andrade et al., 2000) (Viana et al., 2016). Diese ungenügende Leistung fand sich auch an anderen oft berührten Objekten im Umfeld von kolonisierten oder infizierten Patienten mit gram-positiven Problemkeimen (MRSA vor Desinfektion 74 % aller Proben, nach Desinfektion 66 % aller Proben (French et al., 2004); 16 % VRE positive Flächen nach Desinfektion (Byers et al., 1998)). Gute Ergebnisse bei der Raum-Desinfektion zeigte die Wasserstoffperoxid-Verdampfung im Raum mit einer Reduktion von MRSA positiven Proben von 72 % auf 1,2 % der Proben. Hier wurden allerdings keine Matratzen beprobt (French et al., 2004). Dass dieses Vorkommen in der Umgebung auch zu einem erhöhten Akquisitionsrisiko für nachfolgende Patienten führt, konnten Datta et al. zeigen (MRSA + 1 % & VRE + 1,7 %) (Datta et al., 2011). In einem Review von Chemaly et al. findet sich eine mögliche Erklärung. Das Reinigungsgerät (Tuch, Lappen, Reinigungsflüssigkeit oder Ähnliches) wird schnell

selbst Keim-haltig wird und kann bei ausbleibendem Wechsel zu einer Verbreitung von Pathogenen beitragen (Chemaly et al., 2014).

Als Alternative haben Hooker et al. 2011 ein Encasing, das zur Aufbereitung maschinell desinfiziert wird, mit der Wischdesinfektion eines PU-beschichteten-Nylon-Encasings von Luftkernmatratzen mit quartären Ammoniumverbindungen mikrobiologisch verglichen. Das maschinell aufbereitete Encasing war signifikant weniger mit Erregern belastet (Hooker et al., 2012).

Han et al. führten 2015 eine umfangreiche Literaturanalyse zur Formulierung von evidenzbasierten Reinigungs- und Desinfektionsmodi-Empfehlungen für harte Oberflächen durch. Sie kamen zu dem Schluss, dass es mehr vergleichbare Studien, die weniger auf Surrogatparameter wie z.B. Kontamination von Flächen, sondern direkt auf Patienten-relevante Parameter wie Infektionsraten ausgelegt sind braucht. Nur so können belastbare Empfehlungen abgegeben werden. Weitere Kernprobleme bei der Aufbereitung von Flächen bestehen v.a. in der Umsetzung von geplanten SOP (wie z.B. Einwirkzeit) und dem Zweifel, ob die vom Hersteller unter Laborbedingungen getesteten Mittel in der Anwendung wirklich halten, was sie versprechen. Auch die Festlegung der Grenzwerte, ab wann eine Fläche als ungefährlich gilt, ist nicht sicher geklärt (Han et al., 2015).

Insgesamt ist die Nutzung von Encasings die dauerhaft auf Matratzen genutzt werden dann vorteilhaft, wenn optische Kontrollen der Unversehrtheit durchgeführt werden und bei der Durchführung einer manuellen Aufbereitung auf eine starke Standardisierung geachtet wird. Die Sicherheit der Wischdesinfektion zur Infektionsprävention bei Encasings ist nicht sicher geklärt, da es einige Publikationen gibt, die Zweifel daran wecken. Dennoch wird dieses Verfahren aktuell von der AWMF empfohlen. Eine Untersuchung der Wirksamkeit der verschiedenen Desinfektionsmittel auf verschiedenen Oberflächen wäre wünschenswert, um sichere Empfehlungen geben zu können.

1.3.1.1 Desinfektionsprotokoll für Matratzen mit Polyurethanbezug in den zentralen und dezentralen Bettenaufbereitungen am Universitätsklinikum Marburg

Am Universitätsklinikum Marburg werden für den Großteil der Patienten Encasings und Matratzen der Firma GEFA Hygiene-Systeme GmbH & Co. KG verwendet. Diese zeichnen sich im Neuzustand durch eine nachgewiesene Dichtigkeit gegenüber Poliomyelitis-Viren (stellvertretend für die Klasse der Viren) und MRSA bei gleichzeitig erhaltener Atmungsaktivität aus (GEFA Hygiene-Systeme GmbH & Co. KG, 2010). Die Aufbereitung der Betten am Standort Marburg teilt sich in eine dezentrale Aufbereitung von Betten

isolierter Patienten im Rahmen der Schlussdesinfektion, wie von der AWMF empfohlen, und eine zentrale Bettenaufbereitung für die Aufbereitung von Betten von nicht mit Problemkeimen kolonisierten oder infizierten Patienten. Dabei gibt es eine zentrale manuelle Aufbereitungseinheit mit der Möglichkeit zur thermischen Desinfektion in der v.a. kritische Betten, wie die Betten der Intensivstationen und der Knochenmarkstransplantationsstation aufbereitet werden und zwei durch das Subunternehmen „Rhön Reinigung“ betriebene zentrale manuelle Aufbereitungseinheiten, in denen v.a. Betten der Normalstationen aufbereitet werden.

Dabei werden die Matratzen in allen drei Einheiten grundsätzlich durch Wischdesinfektion mit Terralin-protect-0,5 %-Einmaltüchern aufbereitet. In einer Einheit besteht zudem die Möglichkeit zur fünfminütigen thermischen Desinfektion mittels fraktioniertem Vakuumverfahren bei 105 °C für den Fall von leicht verschmutzten Schaumstoffkernen. Stark verschmutzte Schaumstoffkerne sollen entsorgt werden. Immer thermisch aufbereitet werden die Betten für die Knochenmarkstransplantationsstation des Klinikums, indem Encasing und Schaumstoffkern bei geöffnetem Reisverschluss fünf Minuten bei 105 °C aufbereitet werden.

Für die manuelle Aufbereitung sind die Verfahrensanweisungen „Bettenaufbereitung“ und „Aufbereitung von Patientenbetten und Zubehör“ durch die Hygieneabteilung erarbeitet worden (siehe Anhang 7.1). Diese beruhen auf den in der Einleitung genannten Empfehlungen der AWMF (Gruber et al., 2016) und legen zur Desinfektionsmittelauswahl von Isolations-Zimmern die Liste des RKI und des VAH für die entsprechenden Erreger zu Grunde. Darüber hinaus sollen:

- vierteljährliche mikrobiologische Stichproben von aufbereiteten Patientenbetten genommen werden.
- die Mitarbeiter des Reinigungsdienstes mindestens einmal jährlich geschult werden.
- Wartungen der Betten und Matratzen nach den Herstellerangaben durchgeführt werden.

Eine Beschreibung der Wischtechnik, des Desinfektionsmittels mit Einwirkzeit und Anweisungen, wie mit defekten Encasings zu verfahren ist, fehlen. Mündlich werden die Mitarbeiter darüber aufgeklärt, dass defekte Encasings auszutauschen sind. Diese werden an den Hersteller zurück gesandt und dort mit einem Flicker ausgebessert. Dies wurde in der Literatur schon als gangbarer Weg beschrieben (Wong et al., 2015). Verschmutzte Encasings werden i.d.R. in der Wäscherei nach Herstellerangaben gewaschen. Jährliche

Wartungen wie von der AWMF empfohlen finden nicht zu festgelegten Zeitpunkten statt, sondern kontinuierlich bei subjektiven Auffälligkeiten, die die Reinigungskraft bei der Aufbereitung der Matratzen bemerkt. Konkrete Einweisungen in die Prozesse finden v.a. mündlich und Fortbildungen in nicht festgelegten Intervallen statt.

1.3.2 Abstandsgewirke

Unter einem Abstandsgewirke oder spacer fabric versteht man im Gegensatz zu zweidimensionalen Textilien, wie z.B. einem Bettlaken, zwei Stofflagen, die mittels eines elastischen Mikrofilament-Garns verbunden werden und so eine besonders breite, atmungsaktive und dreidimensionale Schicht bilden (Onal und Yildirim, 2012). Diese gute Atmungsaktivität wird von Herstellern genutzt, um den Forderungen der AWMF nach einer atmungsaktiven und gleichzeitig flüssigkeitsdichten Matratze nachzukommen.



Abbildung 4 - Abstandsgewirk Makroaufnahme (eigenes Foto)

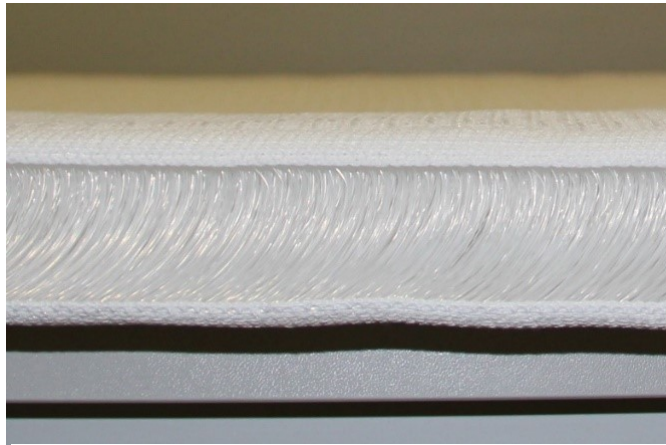


Abbildung 5 - Abstandsgewirk Nahaufnahme. Mittig sind die Mikrofilamente zu sehen (eigenes Foto)

Die am Universitätsklinikum Marburg verwendeten Abstandsgewirke (AGW) mit Matratzen stammen von der Firma Essedea. Dabei werden die Eigenschaften aufgeteilt.



Abbildung 6 - Matratzen-Schaumkern und Abstandsgewirke mit ihrem jeweiligen Überzug (Privatfoto Prof. R. Mutters)

Oben aufliegend befindet sich das Abstandsgewirke mit seinen guten atmungsaktiven Eigenschaften. Unten befindet sich die Matratze mit Schaumstoffkern und einem flüssigkeitsdichten Encasing.

Nach Benutzung werden das Abstandsgewirke und der waschbare Bezug sicher in einer Plastikverpackung verstaut und zur zentralen maschinellen Aufbereitung transportiert.

Die unterliegende Matratze wird konventionell per Wischdesinfektion mit „Terralin protect 0,5 %“ aufbereitet. Beschädigte Encasings sind auszusortieren.

Das Abstandsgewirke wird zur Aufbereitung in dem sogenannten „Hyromaten“ automatisiert in drei Schritten gereinigt, desinfiziert und anschließend getrocknet:

1. Reinigung und Desinfektion:

Es werden simultan „1 % Albol 435“ Lösung (auf Essigsäure und Wasserstoffperoxid basierend) und „Turbo-Usona“ Flüssigwaschmittel (auf Alkohol, Seife und anderem basierend) dazu genutzt. Dieser Schritt wird über 15 Minuten durchgeführt und endet mit einem Schleudergang.

Turbo-Usona findet sich bei der VAH nur in Kombination mit Turbo-Oxysan gelistet. In Albol 435 und Turbo-Oxysan befinden sich Peressigsäure und Wasserstoffperoxid als Wirkstoff. Turbo-Oxysan besitzt im Gegensatz zu Albol 435 allerdings noch weitere Zusätze. Zusammenfassend wird aber am ehesten eine ähnliche Wirkung zu erwarten sein.

Dann erfolgt eine zweimalige Zwischenspülung mit Leitungswasser und anschließendem Schleudern.

2. Applikation des Weichspülers „Belfasin GT“ zur Integritäts-erhaltung des Abstandsgewirkes.
3. Abschließende Trocknung (ca. 20 Minuten).

Schließlich wird es entweder mit einem Textilbezug oder einem Encasing mit einer textilen Oberseite und einer Polyurethanschicht an der Unterseite und den Seiten bezogen, in einer Plastikhülle verpackt und bis zum nächsten Einsatz gelagert.

Die Effektivität der Aufbereitung im Hyromaten wurde bereits von Mutters et al. in einer gutachterlichen Untersuchung für Testverschmutzungen belegt, in der eine Reduktion der Keimlast von 8 log-Stufen erreicht werden konnte. Grundlage hierfür waren die von der VAH für eine bakterizide und fungizide Wirkung geforderten Testkeim-Stämme (Mutters et al., 2008).

Das voll- oder halb-textile Encasing des Abstandsgewirkes wird in einer extra Waschmaschine bei 90 °C mit dem Waschmittel „Eltra“ (VAH gelistet) gewaschen und anschließend bei 90 °C getrocknet. Einen ähnlichen Ansatz hatten Hooker et al. bereits untersucht und als vorteilhaft befunden. Hier ging es allerdings um ein waschbares Polyurethan-Matratzenschutzsystem (Hooker et al., 2012).

Gerade die Möglichkeit, das komplette Abstandsgewirke unter validierten Parametern zu reinigen und zu desinfizieren ist ein deutlicher Vorteil gegenüber dem Encasing mit Matratze, das früher oder später kaputt gehen kann und ein Wechsel und die Aufbereitung des Matratzenkerns eventuell zu spät erfolgt. Zudem entfällt damit zumindest teilweise die Problematik, dass die Wirksamkeit der Wischdesinfektion auf Encasings nicht sicher bewiesen ist. Zwar verbleibt mit der Matratze unter dem Abstandsgewirke ein Restrisiko, aber der direkte Kontakt mit der Matratze ist durch das Abstandsgewirke nicht mehr gegeben. Zudem verhindert das halbsynthetische Encasing den Kontakt von Flüssigkeiten mit dem Encasing der darunterliegenden Matratze. In der Theorie vermindert das AGW also das infektiöse Potential der Matratzen v.a. durch den nun nicht mehr vorhandenen direkten Kontakt des Patienten mit der Matratze und weniger wahrscheinlichem Kontakt von infektiösem Material mit der Matratze. Das Problem der Aerosol- und Keimnestbildung bei, wenn auch weniger wahrscheinlich, kontaminierten Matratzen bleibt.

1.4 Zielstellung dieser Arbeit

Vor dem Hintergrund der genannten Problematiken ist das Ziel dieser Arbeit die Frage, zu klären ob Abstandsgewirke einen potentiellen Beitrag zur Verminderung von bakteriellen Reservoirs in der Patientenumgebung und weniger Erreger-belasteten Liegeflächen leisten können. Dazu wurden vier Untersuchungen durchgeführt.

Das Ziel der ersten Untersuchung war, in einem Vorversuch mittels Abstrichtupfern herauszufinden, wie hoch die aktuelle bakterielle Belastung der Matratzenkernoberflächen in den Encasings ist und ob sich auf noch nicht desinfizierten Encasing-Oberflächen im Routinebetrieb Bakterien befinden und um welche es sich handelt.

In der folgenden zweiten Untersuchung sollte die Effektivität der nach den SOP des Universitätsklinikum Marburgs durchgeführten Matratzenaufbereitung abgeschätzt werden, genauer ob und welche bakterielle Kontamination vorliegt. Außerdem wurden weitere Abstrichtupferproben zur Evaluierung der Matratzenkerne als Reservoir von Bakterien genommen.

In der dritten Untersuchung wurden Abstandsgewirke nach der zentralen Aufbereitung mittels Abstrichtupfern beprobt, um deren bakterielle Belastung abschätzen zu können. Die Daten sollten eine bereits vorhandene Untersuchung unter Laborbedingungen als Praxistest ergänzen.

In der letzten Untersuchung wurden Matratzen von isolierten Patienten nach Entlassung beprobt. Das Ziel war die Klärung der Frage, ob die Aufbereitung im Rahmen der

Schlussdesinfektion den vorbekannten Keim im Praxisbetrieb vom Encasing eliminieren kann.

Gerade aus dem Vergleich der zweiten und dritten Untersuchung soll sich eine Einschätzung über das Potential der Abstandsgewirke ableiten lassen.

2 Material und Methoden

2.1 Material

2.1.1 Arbeitsmaterial

Probennahme:

- 3DEA® Abstandsgewirk inkl. Wannenbezug (3DEA® CLEAN TOP Untersuchung 3)
- Encasings mit Schaumstoffmatratze (hauptsächlich Gefatex Modell 7300 in den Untersuchungen 1, 2 und 4; Subgruppe 3DEA® CLEAN BASIC in Untersuchung 2)
- Handdesinfektionsmittel Sterillium classic pure der Firma Bode Chemie GmbH (Ref. 975512)
- Kugelschreiber
- Reagenzglas mit steriler Caso Bouillon mit LTHth der Firma Merck Life Science GmbH (Ref. 146283; in den Untersuchungen 2, 3 und 4)
- Reagenzglas mit steriler Thioglykolatlösung der Firma Thermo Scientific (Untersuchung 1; Ref. TV5001D)
- Reagenzglasständer
- sterile Natrium-Chlorid (NaCl) 0,9 % 10 ml Lösung der Firma B. Braun Melsungen AG (Ref. 2350748)
- Σ -Transwab mit Liquid Amies Transportlösung der Firma MWE (Untersuchungen 2-4) (Ref. MW176PF)
- Wattetupfer der Firma Sarstedt (Ref. 80.1301)

Probenverarbeitung:

- BD Columbia Agar with 5 % Sheep Blood der Firma BD (Ref. 254071)
- Filzstifte zur Beschriftung
- MacConkey-Agarplatte der Firma BD (Ref. 254078)
- Metalltablett
- sterile Impfschlingen 10 μ l der Firma Sarstedt (Ref. 86.1562.050)

Probenbeurteilung:

- Katalase-Reagenz der Firma Doenitz ProLab (Ref. 12-CAT)
- Bruker Matrix α -Cyano-4-hydroxycinnamic acid (HCCA) der Firma Bruker Daltonik GmbH (Ref. 255344)

- Oxidase Schnelltest der Firma BD (Ref. 231746)
- Pastorex Staph Plus der Firma Bio-Rad Laboratories, Inc. (Ref. 56356)

2.1.2 Maschinen

- Bruker Daltonik Matrix–Assistierter Laser–Desorptions–Ionisierungs (MALDI) Biotyper microflex LT der Firma Bruker Daltonik GmbH (Ref. 8254472)
- Brutraum 37 °C
- Kühlschrank „Liebherr Gastroline“
- Vitek 2 compact der Firma bioMérieux Deutschland GmbH (Ref. 27630)

2.2 Methoden

2.2.1 Untersuchung 1: Übertragung und Vorkommen von Bakterien auf belegten Patientenmatratzen

Es wurden Matratzenoberflächen von 201 zufällig ausgewählten Matratzen von Patienten aus verschiedenen chirurgischen und internistischen Stationen des Universitätsklinikums Marburg beprobt. Dazu wurde der Abstrichtupfer (Firma Sarstedt, Kunststoff-Watteträger) mit steriler NaCl 0,9 % Lösung benetzt und ein Abstrich der Schaumstoffoberfläche auf der Patientenseite durchgeführt. Ab der 132. Probe wurde zusätzlich regelmäßig mit einem zweiten Tupfer die Oberfläche des Encasings abgestrichen. Die Beprobung erfolgte bei 97 Encasings und immer über die gesamte Oberfläche. Die Art des Encasings oder Überzugs spielte keine Rolle.

Die Abstrichtupfer wurden am selben Tag ohne Einbettung in ein Medium in das Labor transportiert.

Im Labor wurden die Abstrichtupfer in Thioglycolat Lösung über fünf Sekunden geschwenkt. Die Proben wurden über 24 Stunden bei 37 °C inkubiert. Anschließend wurde jede Probe per Dreiösenausstrich auf je eine Columbia Blut- und eine MacConkey-Agarplatte verdünnt und die Reagenzgläser mit den Platten in den Brutraum gestellt. Nach 48 Stunden bei 37 °C und Raumluft wurde zunächst überprüft, ob es ein Wachstum auf den Platten gab. War dies der Fall, erfolgte die Analyse. Anderenfalls wurde überprüft, ob sich die Reagenzglasfüllung getrübt hat. Bei einer optischen Trübung wurde die Probe neu ausplattiert und 48 Stunden bei 37 °C und Raumluft inkubiert und reevaluiert. War das Reagenzglas hingegen optisch klar wurde die Probe als keimfrei klassifiziert.

In der mikrobiologischen Analyse wurden die gewachsenen Kolonien isoliert und mittels konventioneller Methoden identifiziert. War eine Einteilung der Kolonien zu einer Bakterienart nicht sicher möglich, wurde eine Massenspektrometrie mit dem Bruker Daltonik MALDI Biotyper (MALDI-TOF) durchgeführt. Wurde ein potenziell humanpathogener Keim mit häufiger Antibiotikaresistenz nachgewiesen, erfolgte im Anschluss in der Regel eine Resistenzbestimmung mittels Agardiffusion.

2.2.2 Untersuchung 2: Belastung der Matratzen mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion und Zustand der Matratzen

Es wurden 110 Encasings und 118 Matratzenoberflächen von zufällig ausgewählten Matratzen in den zentralen Bettenaufbereitungen des Universitätsklinikums Marburg nach Desinfektion beprobt. Die Matratzenbezüge mussten komplett abgetrocknet sein. Bereits vorhandene Bettwäsche wurde für die Probennahme entfernt. Unter keimarmen Bedingungen wurde dazu ein Tupfer (Sigma-Transwab® PF) mit steriler NaCl 0,9 % Lösung benetzt und dann ein Abstrich über die gesamte Fläche des Encasings, auf die Liegefläche des Patienten zentriert, auf der Patientenseite durchgeführt. Die Wischbewegungen erfolgten dabei in einem Abstand von circa drei Zentimetern. Gab es Flecken auf der Matratze wurden diese enger abgestrichen. Dann wurde der Matratzenbezug am Reisverschluss geöffnet und mit einem zweiten Abstrichtupfer die gesamte Patientenseite der Matratze auf den Liegebereich zentriert beprobt. Während der Probennahme wurde notiert, ob mit dem Auge erkennbare Löcher im Encasing oder eine Verschmutzung der Matratze vorlag. Die Abstrichtupfer wurden direkt nach der Probennahme in CASO-Bouillon m. LTHTh im Reagenzglas (10 ml) fünf Sekunden geschwenkt und somit vorhandene Bakterien in die Bouillon überführt. Die weitere Aufarbeitung erfolgte analog zu Untersuchung 1. Da das Massenspektrometer zeitweise ausgefallen war, musste zur Keimidentifikation temporär auf ein Vitek Gerät zurückgegriffen werden.

2.2.3 Untersuchung 3: Belastung der Abstandsgewirke mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion

Es wurden hauptsächlich Abstandsgewirke in der Aufbereitung der Firma Veolia am Universitätsklinikum Marburg nach Desinfektion beprobt. Zwei Proben wurden von sich bereits im Krankenhaus befindlichen Abstandsgewirken genommen. Der Zeitpunkt der Probennahme wurde in der Regel erst am Untersuchungstag kommuniziert. Nach der Händedesinfektion und dem Anlegen von Einmalhandschuhen wurde ein Tupfer (Sigma-

Transwab® PF) mit steriler NaCl 0,9 % Lösung benetzt und ein Abstrich beider Seiten des Abstandsgewirkes durchgeführt. Die Beprobung erfolgte über das gesamte Abstandsgewirke. Die Abstrichtupfer wurden direkt nach der Probennahme in CASO-Bouillon m. LTHTh im Reagenzglas (10 ml) fünf Sekunden geschwenkt und somit vorhandene Bakterien in die Bouillon überführt. Die weitere Aufarbeitung geschah analog zu Untersuchung 1 und 2.

2.2.4 Untersuchung 4: Übertragung von humanpathogenen Keimen von Mensch auf Matratzenbezug und Matratze

Nach Entlassung eines Patienten mit nachgewiesenem antibiotikaresistentem Keim wurde Art des Keims, Ort der Infektion und Liegedauer notiert. Dann erfolgte die Probennahme vor Desinfektion. Nach Anlegen der Infektionsschutzkleidung wurde ein Tupfer (Sigma-Transwab® PF) mit steriler NaCl 0,9 % Lösung benetzt und ein Abstrich des Matratzenbezugs auf der Patientenseite durchgeführt. Der Matratzenbezug wurde am Reißverschluss geöffnet und mit einem zweiten Abstrichtupfer die Patientenseite der Matratze beprobt. Die Beprobung erfolgte über die gesamte Matratze.

Nach Ablauf der für den entsprechenden Keim geltenden Desinfektionszeit erfolgte die Probennahme nach Desinfektion. Diese erfolgte analog dem Vorgehen vor der Desinfektion, allerdings ohne Infektionsschutzkleidung.

Die Abstrichtupfer wurden direkt nach der Probennahme in CASO-Bouillon m. LTHTh im Reagenzglas (10 ml) fünf Sekunden geschwenkt und somit vorhandene Bakterien in die Bouillon überführt. Die weitere Aufarbeitung erfolgte wie in den vorherigen Untersuchungen beschrieben.

2.2.5 Durchführung und Funktionsweise der MALDI-TOF Massenspektrometrie mit dem „Bruker Daltonik MALDI Biotyper“

Zur genaueren Analyse der Identität der Bakterien wurde bei nicht sicher bestimmbarer Gattung oder nicht sicherem Ausschluss der humanpathogenen Arten einer Gattung eine MALDI-TOF Massenspektrometrie (Matrix–Assistierte Laser–Desorption–Ionisierung Massenspektrometrie mit time-of-flight), durchgeführt. Dazu wurde die Probe als Schmierpräparation auf die Targetplatte aufgebracht und ca. 1 µl der Matrixlösung HCCA darauf pipettiert. Sobald die Matrix auskristallisiert war, wurde die Probe in das MALDI-TOF Massenspektrometer überführt und zusammen mit anderen Proben analysiert.

Abbildung 7 - Schematischer Ablauf der Analyse im MALDI-TOF Massenspektrometer (Neumeister et al., 2009)

1. Verdampfung und Ionisierung der Matritzen und eingebetteten Proteine der Probe mittels Laserstrahl
2. Beschleunigung der Ionen durch Anlegen einer elektrischen Spannung
3. Auftrennung der Analyten während des Fluges abhängig von Masse und Ionisierungsgrad
4. Simultaner Aufprall der Analyten gleicher Flugzeit
5. Berechnung der Masse der Analyten vor allem zwischen 2.000 und 20.000 Dalton
6. Auftragung der Anzahl der Analyten gleicher Masse in einem Graph; charakteristisch für Bakterienart
7. Abgleich mit Referenzdatenbank und Ermittlung eines Scores als Qualitätsmarker der Untersuchung („MaldiBiotyper“ Software)

2.2.6 Klassifizierung der gefundenen Bakterien in humanpathogen und nicht humanpathogen

Die Bakterien wurden der besseren Vergleichbarkeit wegen in die drei Gruppen „nicht humanpathogen“, „potenziell humanpathogen“ und „potenzieller Problemkeim“ eingeteilt. Daraus abgeleitet wurden die Bezüge und Matratzen nach dem Gefährdungspotential in folgende vier Gruppen eingeteilt: Keimfrei, mit nicht humanpathogenen Bakterien, mit potenziell humanpathogenen Bakterien und mit potenziellen Problembakterien.

Die Klassifizierung als eher apathogen oder humanpathogen erfolgte durch die Überprüfung, ob das Bakterium in dem Lehrbuch „Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie (Springer-Lehrbuch)“ (Suerbaum et al., 2016) oder „Krankenhaus- und Praxishygiene: Hygienemanagement und Infektionsprävention in medizinischen und sozialen Einrichtungen“ (Kramer et al., 2016) mit einer potentiell auslösenden Krankheit beschrieben wurde und eine Assoziation mit Matratzen denkbar ist. War das Bakterium dort nicht aufgeführt, oder wurde dem Bakterium keine Krankheit zugeordnet, erfolgte eine Literaturrecherche zunächst im „Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen“ (Darai et al., 2012) und dann auf der Pubmed Plattform (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). Ergab auch diese keinen hinreichenden Verdacht auf Humanpathogenität, in dem die Matratze als wahrscheinlicher Vektor auftreten könnte, wurde das Bakterium als nicht humanpathogen eingestuft.

Als potenzielle Problemkeime wurden humanpathogene Bakterien mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für eine Antibiotikaresistenz und/oder einer höheren Relevanz bei nosokomialen Infektionen eingestuft.

2.2.7 Statistische Auswertung

Die Analysen erfolgten mit den Daten aus Microsoft Excel 2016-Tabellen mit dem Statistikprogramm „R“ Version 3.4.3 für Microsoft Windows (The R Foundation). Bei den Untersuchungen eins, zwei und drei verfolgte die statistische Analyse das Ziel, die Präzision des Punktschätzers genauer einzuordnen. Dazu wurden die 95 %-Konfidenzintervalle nach der Clopper-Pearson Methode errechnet. Hier unterschreitet das Signifikanzniveau nie die Überdeckungswahrscheinlichkeit $1-\alpha$. Somit kann von den Punktschätzern aus den Kategorien „Keimfrei“, „Ohne humanpathogene Keime“, „Mit fakultativ humanpathogenen Keimen“ und „Mit potenziellen Problemkeimen“ mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=5\%$ auf die Grundgesamtheit der Matratzen- und Bezugspopulation geschlossen werden (Timischl, 2013) (Weiß, 2013).

Für die Berechnung der statistischen Signifikanz des Vergleichs der Ergebnisse aus den Untersuchungen 2 und 3 erfolgte eine Berechnung des p-Wertes mittels des Rangsummentests, „U-Test“ von Mann und Whitney, mit dem „R“ Programm. Dieser Test ist geeignet für zwei unverbundene Stichproben mit unterschiedlichen Anzahlen an Stichproben, wie sie hier vorliegen. Die Rangbildung erfolgte mit „Keimfrei“ = Rang 1, „Ohne humanpathogene Keime“ = Rang 2, „Mit fakultativ humanpathogene Keimen“ = Rang 3 und „Mit potenziellen Problemkeimen“ = Rang 4 (Weiß, 2013).

Die Berechnung der statistischen Signifikanz der Untersuchung 4 erfolgte mittels des McNemar-Tests auf der Homepage der Firma „GraphPad Software“ mittels des QuickCalcs (<https://www.graphpad.com/quickcalcs/mcNemar1/>, 2018). Der Test beruht darauf, dass bei zwei verbundenen Stichproben in einer Vierfeldertafel auf ein Alternativmerkmal hin untersucht wird. Es wird die Differenz der Wechsler von einer Gruppe in eine andere Gruppe des Alternativmerkmals analysiert und aus der daraus resultierenden Dichteverteilung die statistische Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhangs berechnet. In der Untersuchung 4 also dafür, dass nach der Desinfektion die Ausprägung von „Ja“ der Keim ist vorhanden, auf „Nein“ die Desinfektion war nicht erfolgreich wechselt. Es muss bei diesem Verfahren gegenüber anderen beachtet werden, dass als Nullhypothese nicht angenommen wird, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen besteht, sondern dass unterschiedliche Beurteilungen in beide Richtungen gleich häufig auftreten (Weiß, 2013).

3 Ergebnisse

3.1 Untersuchung 1: Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf belegten Patientenmatratzen

Es wurden 97 Polyurethan- und Stoffbezüge und 201 Matratzenoberflächen beprobt. Die Ergebnisse werden aufgeteilt nach Bezügen und Matratzenoberflächen präsentiert. Antibiotikaresistente Erreger werden mit der jeweiligen Resistenz aufgeführt.

3.1.1 Encasings und Stoffbezüge

Tabelle 6 - Klassifizierung der Bezüge anhand der darauf gefundenen Erreger nach Gefährdungspotential.

Kategorie	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	exaktes 95KI (Clopper-Pearson)
Encasings/Stoffbezüge keimfrei	0	0,0 %	0,0 - 3,7 %
Encasings/Stoffbezüge ohne humanpathogene Keime	0	0,0 %	0,0 - 3,7 %
Encasings/Stoffbezüge mit fakultativ humanpathogenen Keimen	92	94,8 %	88,4 - 98,3 %
Encasings/Stoffbezüge mit potenziellen Problemkeimen	5	5,2 %	1,7 - 11,6 %
Gesamt	97	100,0 %	

Tabelle 7 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 6 zu Grunde liegen.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	97
Enterococcus spp.	12
Staphylococcus aureus	4
Acinetobacter radioresistens	2
Bacillus cereus	2
Corynebacterium jeikeium	1
Corynebacterium tuberculostrictum	1
Enterococcus faecium	1
Escherichia vulneris	1
Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus	1
Pantoea agglomerans	1
Summe	123°

°Differenzen zwischen der Gesamtanzahl der humanpathogenen Bakterien oder potenziellen Problembakterien und Anzahl der entsprechenden Bezüge sind durch das teilweise Vorhandensein von mehreren Bakterien auf einem Bezug zu erklären.

Tabelle 8 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.

Name°	Anzahl
Micrococcus luteus	50
Bacillus spp.	40
Corynebacterium spp.	36
Burkholderia andropogonis	1
Enterobacter amnigenus	1
Paracoccus yeei	1
Pseudomonas oryzihabitans	1
Roseomonas mucosa	1
Summe	131

°Micrococcus luteus, Bacillus spp. und Corynebacterium spp. wurden in der Primärevaluation des Wachstums auf den Agarplatten als am ehesten nicht humanpathogen eingestuft. Burkholderia andropogonis, Enterobacter amnigenus, Paracoccus yeei, Pseudomonas oryzihabitans und Roseomonas mucosa wurden hingegen nach Literaturrecherche als nicht humanpathogen eingestuft.

3.1.2 Matratzenoberflächen

Tabelle 9 - Klassifizierung der Matratzenoberfläche.

Kategorie	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	KI nach Clopper-Pearson
Matratzenoberflächen keimfrei	63	31,3 %*	25,0 - 38,3 %
Matratzenoberflächen ohne humanpathogene Keime	22	11,0 %	6,9 - 16,1 %
Matratzenoberflächen mit fakultativ humanpathogenen Keimen	102	50,8 %*	43,6 - 57,9 %
Matratzenoberflächen mit potenziellen Problemkeimen	14	7,0 %	3,9 - 11,4 %
Gesamt	201	100,0 %*	

*Rundungsungenauigkeit

Tabelle 10 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 9 zu Grunde liegen.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	115
Enterococcus sp.	7
Staphylococcus aureus	7
Enterococcus faecium	4
Bacillus cereus	3
Acinetobacter lwoffii (4MRGN)	1
Bacillus subtilis	1
Corynebacterium tuberculostearicum	1
Enterococcus faecalis	1
Streptococcus pneumoniae	1
Summe	141°

°Differenzen zwischen der Gesamtanzahl der humanpathogenen Bakterien oder potenziellen Problembakterien und Anzahl der entsprechenden Matratzenoberflächen sind durch das teilweise Vorhandensein von mehreren Bakterien auf einer Matratzenoberfläche zu erklären.

Tabelle 11 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.

Name°	Anzahl
Micrococcus luteus	59
Bacillus spp.	25
Corynebacterium spp.	20
vergrünende Streptokokken	2
Burkholderia andropogonis	1
Bacillus flexus	1
Bacillus licheniformis	1
Bacillus pumilus	1
Corynebacterium urealyticum	1
Paenibacillus pabuli	1
Roseomonas mucosa	1
Streptococcus sp.	1
Summe	114

°Bacillus spp., Corynebacterium spp., und Streptococcus sp. wurden in der Primärevaluation des Wachstums auf den Agarplatten als am ehesten nicht humanpathogen eingestuft, der Rest nach Literaturrecherche.

3.2 Untersuchung 2: Belastung der Matratzen mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion und Zustand der Bezüge und Matratzen

Es wurden 110 Encasings und 118 Matratzenoberflächen beprobt. Die Ergebnisse werden nach Encasings und Matratzenoberflächen aufgeteilt präsentiert. Antibiotikaresistente Erreger werden mit der jeweiligen Resistenz aufgeführt.

3.2.1 Encasings

Tabelle 12 - Tabellarische Darstellung des Zustands der Encasings.

Kategorie (Encasings)	Anzahl	Prozent	KI nach Clopper-Pearson
Unauffällig	101	85,6 %	77,9 - 91,4 %
Auffällig	16	13,6 %	8,0 - 21,1 %
Nicht bewertet	1	0,8 %	
Gesamt	118	100,0 %	

Tabelle 13 - Klassifizierung der Encasings.

Kategorie (Encasings)	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	KI nach-Clopper Pearson
Encasing keimfrei	2	1,8 %	0,2 - 6,4 %
Encasing ohne humanpathogene Keime	31	28,2 %	20,0 - 37,6 %
Encasing mit fakultativ humanpathogenen Keimen	67	60,9 %	51,1 - 70,1 %
Encasing mit potenziellen Problemkeimen	10	9,1 %	4,4 - 16,1 %
Bezüge gesamt	110	100,0 %	

Tabelle 14 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 13 zu Grunde liegen.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	73
Bacillus cereus	15
Enterococcus spp.	8
Staphylococcus aureus	4
Pantoea agglomerans	3
Enterococcus faecalis	2
Enterococcus faecium	2
Acinetobacter lwoffii	1
Acinetobacter towneri	1
Pseudomonas aeruginosa	1
Pseudomonas putida	1
Streptococcus sanguis	1
Summe	112°

°Differenzen zwischen der Gesamtanzahl der humanpathogenen Bakterien oder potenziellen Problembakterien und Anzahl der entsprechenden Bezüge sind durch das teilweise Auftreten von mehreren Bakterienfunden auf einem Bezug zu erklären.

Tabelle 15 - Aufführung der Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.

Name°	Anzahl
Bacillus spp.	28
Micrococcus luteus	9
Corynebacterium spp.	8
vergrünende Streptokokken	5
Pseudomonas luteola	2
Arthrobacter polychromogenes	1
Bacillus pumilus	1
Pantoea sp.	1
Pectobacterium cypripedii	1
Pseudomonas sp.	1
Pseudomonas stutzeri	1
Stenotrophomonas sp.	1
Summe	59

°Bacillus spp., Corynebacterium spp., Pantoea sp., Pseudomonas sp. und Stenotrophomonas sp. wurden in der Primärevaluation des Wachstums auf den Agarplatten als am

ehesten nicht humanpathogen eingestuft. Die restlichen Keime hingegen wurden nach Literaturrecherche als nicht humanpathogen eingestuft.

3.2.2 Matratzenoberflächen

Tabelle 16 - Darstellung der Auswertung der verschmutzten Matratzen.

Kategorie (Matratzen)	Anzahl	Prozent	KI nach Clopper-Pearson
Unauffällig	103	87,3 %	79,9 - 92,7 %
Auffällig	14	11,9 %	6,6 - 19,1 %
Nicht bewertet	1	0,8 %	
Gesamt	118	100,0 %	

Tabelle 17 - Klassifizierung der Matratzenoberfläche.

Kategorie (Matratzen)	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	KI nach Clopper-Pearson
Matratzenoberflächen keimfrei	77	65,3 %	55,9 - 73,8 %
Matratzenoberflächen ohne humanpathogene Keime	20	16,9 %	10,7 - 25 %
Matratzenoberflächen mit fakultativ humanpathogenen Keimen	18	15,3 %	9,3 - 23 %
Matratzenoberflächen mit potenziellen Problemkeimen	3	2,5 %	0,5 - 7,3 %
Gesamt	118	100,0 %	

Tabelle 18 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 17 zu Grunde liegen.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	23
Enterococcus faecium	3
Enterococcus sp.	1
Summe	27°

°Differenzen zwischen der Gesamtanzahl der humanpathogenen Bakterien oder potenziellen Problembakterien und Anzahl der entsprechenden Matratzenoberflächen sind durch das teilweise Vorhandensein von mehreren Bakterien auf einer Matratzenoberfläche zu erklären.

Tabelle 19 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.

Name°	Anzahl
Micrococcus luteus	10
Corynebacterium spp.	7
Bacillus spp.	3
Streptococcus Lancefield C	1
Streptococcus sp.	1
Summe	22

°Corynebacterium spp., Bacillus spp. und Streptococcus sp. wurden in der Primärevaluation des Wachstums auf den Agarplatten als am ehesten nicht humanpathogen eingestuft, die restlichen Keime nach Literaturrecherche.

3.2.3 Ergebnisse der Subgruppe „Matratzen zur Verwendung unter den Abstandsgewirken“

1. Zustand der Encasings und der Matratzenkerne:

Tabelle 20 - Zustand der Encasings der AGW-Matratzen (Löcher?).

Kategorie (Encasings)	Anzahl	Prozent	KI nach Clopper-Pearson
Unauffällig	7	63,6 %	30,8 - 89,1 %
Auffällig	3	27,3 %	6,0 – 61,0 %
Nicht bewertet	1	9,1 %	
Gesamt	11	100,0 %	

Tabelle 21 - Zustand der Schaumstoffkerne der AGW-Matratzen (Flecken?).

Kategorie (Matratzen)	Anzahl	Prozent	KI nach Clopper-Pearson
Unauffällig	9	81,8 %	48,2 - 97,7 %
Auffällig	1	9,1 %	0,2 - 41,3 %
Nicht bewertet	1	9,1 %	
Gesamt	11	100,0 %	

2. Risikoklassifizierung der Encasings und Matratzenkerne:

Tabelle 22 - Risikoklassifizierung der Abstandsgewirke-Matratzen Encasings.

Kategorie (Abstandsgewirke)	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	KI nach Clopper-Pearson
Encasing keimfrei	1	9,1 %	0,2 - 41,3 %
Encasing ohne humanpathogene Keime	1	9,1 %	0,2 - 41,3 %
Encasing mit fakultativ humanpathogenen Keimen	7	63,6 %	30,8 - 89,1 %
Encasing mit potenziellen Problemkeimen	2	18,2 %	2,3 - 51,8 %
Bezüge gesamt	11	100,0 %	

Tabelle 23 - Risikoklassifizierung der Abstandsgewirke-Matratzen Schaumstoffkerne.

Kategorie (Abstandsgewirke)	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	KI nach Clopper-Pearson
Matratzenoberflächen keimfrei	7	63,6 %	30,8 - 89,1 %
Matratzenoberflächen ohne humanpathogene Keime	1	9,1 %	0,2 - 41,3 %
Matratzenoberflächen mit fakultativ humanpathogenen Keimen	2	18,2 %	2,3 - 51,8 %
Matratzenoberflächen mit potenziellen Problemkeimen	1	9,1 %	0,2 - 41,3 %
Matratzenoberflächen gesamt	11	100,0 %	

3. Zugrundeliegende Keimaufschlüsselung:

a. Encasings:

Tabelle 24 - Zugrundeliegende humanpathogene und potenzielle Problemkeime bei den Encasings.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	5
Enterococcus spp.	2
Acinetobacter towneri	1
Bacillus cereus	1
Pseudomonas aeruginosa	1
Staphylococcus aureus	1
Summe	11

Tabelle 25 - Zugrundeliegende nicht humanpathogene Funde bei den Encasings.

Name	Anzahl
Bacillus sp.	1
Corynebacterium sp.	1
Micrococcus luteus	1
Summe	3

b. Matratzenkern:

Tabelle 26 - Zugrundeliegende humanpathogene und potenzielle Problemkeime bei den Matratzenkernen.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	3
Enterococcus faecium	1
Summe	4

Tabelle 27 - Zugrundeliegende nicht humanpathogene Funde bei den Schaumstoffkernen.

Name	Anzahl
Bacillus spp.	1
Summe	1

3.3 Untersuchung 3: Belastung der Abstandsgewirke mit Bakterien nach hausüblicher Desinfektion

Es wurden Proben von 31 Abstandsgewirken genommen. Davon wurden 29 direkt nach der Desinfektion durch die Firma Veolia und zwei im Universitätsklinikum Marburg in den zentralen Bettenaufbereitungen genommen.

Tabelle 28 - Klassifizierung der Abstandsgewirke.

Kategorie	Anzahl	Anteil an Gesamtproben	KI nach Clopper-Pearson
Abstandsgewirke keimfrei	11	35,5 %	19,2 - 54,6 % (p = 0.2112)
Abstandsgewirke ohne humanpathogene Keime	4	12,9 %	3,6 - 29,8 % (p = 0.1472)
Abstandsgewirke mit fakultativ humanpathogenen Keimen	15	48,4 %	30,2 - 66,9 % (p = 0.005625)
Abstandsgewirke mit potenziellen Problemkeimen	1	3,2 %	0,1 - 16,7 % (p = 0.00282)
Summe	31	100,0 %	

Tabelle 29 - Darstellung der Bakterienfunde, die der Klassifizierung in Tabelle 28 zu Grunde liegen.

Name	Anzahl
Koagulase-negative Staphylokokken	16
Pseudomonas aeruginosa	1
Summe	17°

°Differenzen zwischen der Gesamtanzahl der humanpathogenen Bakterien oder potenziellen Problembakterien und Anzahl der entsprechenden Abstandsgewirke sind durch das teilweise Auftreten von mehreren Bakterienfunden auf einem Abstandsgewirke zu erklären.

Tabelle 30 - Bakterien, die als nicht humanpathogen eingestuft wurden.

Name°	Anzahl
Vergrünende Streptokokken	2
Bacillus sp.	1
Corynebacterium sp.	1
Micrococcus luteus	1
Pseudomonas oryzihabitans	1
Summe	6

°Corynebacterium sp. und Bacillus sp. wurden in der Primärevaluation des Wachstums auf den Agarplatten als am ehesten nicht humanpathogen eingestuft, die restlichen Keime nach Literaturrecherche.

3.4 Untersuchung 4: Übertragung von pathogenen und antibiotikaresistenten Keimen von Mensch auf Matratzenbezug und Matratze

Es wurden elf Proben vor und nach der Desinfektion einer Matratze eines isolierten Patienten genommen. Dabei wurde jeweils davor und danach Encasing und Matratzenoberfläche beprobt.

Tabelle 31 - Ergebnis der U4.

Proben-num-mer	Liege-dauer	Problemkeim, Lokalisation	Keim vor Des-infektion nachweisbar?	Desinfek-tion erfolg-reich?
1	?	MRGN	nein	-
2	ca. 30d	3 MRGN, Stuhl	nein	-
3	ca. 28d	3 MRGN, ZVK Spitze	nein	-
4	15d	3MRGN und ESBL, Duodenalverhalt	nein	-
5	25d	ESBL, Abdomen	nein	-
6	18d	ESBL, Rachen	nein	-
7	11d	MRSA, Leiste	nein	-
8	8d	MRSA, Nase	ja	ja
9	9d	MRSA, Nase	ja	ja
10	< 1d (4h)	MRSA, Rachen	nein	-
11	33d	VRE, Stuhl und MRGN	nein	-

^op = 0,4795.

3.5 Vergleich der Kontamination durch Bakterien nach Desinfektion von Encasings und Abstandsgewirken

Tabelle 32 - Absolute Differenzen der Häufigkeiten aus U2 (Encasings) und U3 (Abstandsgewirke) bezogen auf die Abstandsgewirke.

Kategorie	An-zahl U3	Prozen-tual	Anzahl U2	Prozen-tual	Differenz	p-Wert
Keimfrei	11	35,5 %	2	1,8 %	+33,7 %	
Ohne humanpa-thogene Keime	4	12,9 %	31	28,2 %	-15,3 %	
Mit humanpatho-genen Keimen	15	48,4 %	67	60,9 %	-12,5 %	
Mit potenziellen Problemkeimen	1	3,2 %	10	9,1 %	-5,9 %	
Gesamt	31	100,0 %	110	100,0 %		0,00342472

4 Diskussion

4.1 Methodik

Bei allen mit Tupfern durchgeführten Probennahmen ist eine theoretische Verunreinigung der Proben durch Luftkeime möglich. Daher wurde darauf geachtet, dass der Weg von der Probennahme zur Lösung in die Bouillon möglichst kurz war.

Untersuchung 1: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf belegten Patientenmatratzen)

In dieser Untersuchung wurde die Probennahme mit einem Abstrichtupfer mit anschließender mikrobiologischer Aufarbeitung durchgeführt. Um einen möglichst breiten Überblick über das Keimspektrum zu erhalten, wurde dieses aus dem Tupfer in Thioglycolat-Lösung überführt und eine mikrobiologische Klassifizierung durchgeführt.

Alternativ hätte eine Beprobung mittels anderer mikrobiologischer Sammeltechniken, wie z.B. Abklatschplatten (Viana et al., 2016) (Hooker et al., 2011a) oder Biomonitoring mittels ATP-Nachweis (Hopman et al., 2015) erfolgen können. Dies bot sich jedoch nicht an, da gleichzeitig die gesamte Oberfläche beprobt, eine Typisierung der Erreger vorgenommen und die Fragestellung im Querschnitt an vielen verschiedenen Matratzen untersucht werden sollte und nicht quantitativ exakt an einigen wenigen. Die Beprobung mittels Tupfer erfolgte in Mäander-artigen Wischbewegungen über die gesamte Matratze oder das Encasing.

Kritisch betrachtet hätten mit Abklatschplatten und Sektoren-Einteilung eventuell sensitivere Ergebnisse erhalten werden können, da z.B. in Untersuchung 4 bei isolierten Patienten lediglich in 2 von 11 Fällen überhaupt der Keim des Patienten auf der Matratze detektiert werden konnte, während in den Untersuchungen von Viana et al. (Viana et al., 2016) auf 13 von 51 Matratzen oder Sexton et al. (Sexton et al., 2006) auf zwischen 44 bis 71,4 % der Matratzen der Keim des isolierten Patienten detektiert werden konnte. Zudem zeigte Thomas (Thomas, 1998) in einem Versuchsaufbau, dass Abklatschplatten eine etwas bessere Regenerationsrate zeigen als Baumwolltupfer. Als besten Kompromiss aus diesen Erkenntnissen verwendeten wir ab Untersuchung 2 deshalb die im Vergleich zu Baumwolltupfern als deutlich sensibler getesteten Nylon-beflockten Abstrichtupfer.

In dieser Untersuchung wurden lediglich Matratzen von Normalstationen oder Ambulanzen untersucht. Die Kontamination auf den Spezialstationen, wie z.B. der hämato-

onkologischen Transplantationsstation oder den Intensivstationen wäre auf Grund der dort häufiger auftretenden nosokomialen Infektionen sicher interessant gewesen, wurde jedoch auf Grund der methodischen Schwierigkeiten (wie z.B. nötiges Verlassen des Bettes durch den Patienten) nicht untersucht.

Ob ein Encasing verwendet wurde oder nicht war im Gegensatz zu Untersuchung 2 und 4 kein Ausschlusskriterium. Es wurde lediglich untersucht, ob und wie die Matratze oder das Encasing kontaminiert war. Eine Untersuchung bei Verwendung verschiedener Encasings war aus Gründen des Umfangs nicht Thema dieser Arbeit.

Eine weitere Einschränkung der Aussagekraft der Untersuchung ist dem Aufbau der Matratze geschuldet. Diese ist porös und hat viele Hohlräume, die mit dem Tupfer nicht erreichbar sind. Dort könnten Bakterien verborgen sein, die mit dieser Sammeltechnik nicht nachzuweisen sind (Thomas, 1998). Genauer wäre die Matratze folglich mit aus dem Schaumkern herausgeschnittenen Zylindern zu untersuchen, was allerdings zu einer Zerstörung der Matratze führt (ähnlich von Yu et al. (Yu et al., 2016) und Thomas durchgeführt (Thomas, 1998)).

Weiterhin wurden nur die Oberseiten von Encasing und Matratze beprobt. Gerade beim Encasing, das meistens einen Reisverschluss an der Unterseite hatte, wäre auch eine Beprobung der Unterseite interessant gewesen.

Die Tupfer wurden nach der Beprobung nicht in einem Transportmedium gelagert, was die Regenerierungsrate eventuell gesteigert hätte.

Zur Bebrütung der Proben wurde das Universal-Anreicherungsmedium Thioglycolat verwendet, da dieses einem breiten Spektrum von Pathogenen die Möglichkeit zur Vermehrung bietet.

Es wurde sowohl auf Columbia-Blutagar als auch auf MacConkey-Platten ausplattiert, da so sowohl gram-positive als auch negative Bakterien eine Wachstumsgrundlage hatten. Auf eine Bebrütung unter CO₂ Atmosphäre wurde verzichtet, da die meisten nosokomialen Erreger Aerobier sind. Eine wichtige Ausnahme stellen die Clostridien dar, aber diese sind nur unter größerem Aufwand anzuzüchten und müssen in der Zellkultur mittels Zytotoxizitätstest auf Ihre Fähigkeit zur Toxinbildung untersucht werden. Dieser deutlich erhöhte Aufwand führte zur Entscheidung, Clostridien nicht mit zu untersuchen, obwohl *Clostridium difficile* ein wichtiger Erreger nosokomialer Infektionen ist (Ackermann, 2004). Weiterhin wurden keine Viren, Pilze, Parasiten oder Prionen als Erreger nosokomialer Infektionen in der mikrobiologischen Aufarbeitung berücksichtigt. Dies hätte den Umfang der Untersuchung zu sehr ausgedehnt.

Durch das Mitführen des zugehörigen Anreicherungsmediums mit den Agarplatten und der Überprüfung, ob das Anreicherungsmedium nach 72 Stunden eventuell noch ein Wachstum in Form einer Trübung aufweist, konnte die Wahrscheinlichkeit von falsch negativen Proben reduziert werden. Trotzdem sind falsch negative Proben nicht ausgeschlossen. Auch könnten theoretisch anteilig wenig vorhandene Bakterien von in der Probe häufiger vorkommenden verdrängt werden oder diese finden sich auf Grund geringer Konzentration nicht in der Flüssigkeit die mit der Öse ausplattiert wurde wieder.

Die Bebrütung über 48 Stunden bei 37 °C wurde auch in anderen Arbeiten durchgeführt, teilweise jedoch unter CO₂-Atmosphäre zur Mitführung von Anaerobiern (Vgl. Viana et al., 2016) (Hooker et al., 2011b).

Bei der Auswertung der Proben wurde zunächst eine Vorauswahl der als potenziell pathogen imponierenden Kolonien getroffen. Alternativ hätte jede Kolonie mittels MALDI-TOF Massenspektrometrie untersucht werden müssen, was jedoch einen enormen materiellen Aufwand bedeutet hätte.

Vor Beginn der Probensammlung von Untersuchung 2 wurde zunächst eine Literaturrecherche zur Auswahl eines geeigneten Abstrichtupfers durchgeführt.

Maßgeblich für die Wahl des SIGMA-TRANSWAB® PF mit Liquid Amies Medium waren die folgenden Ergebnisse:

1. Der Tupfer erfüllt die Tests nach den Qualitätsanforderungen des Clinical & Laboratory Standards Institute für den M40 Standard, der die Transportfähigkeit von verschiedenen Bakterien auf einem inokulierten Tupfer über in der Regel 48 Stunden bei verschiedenen Temperaturen prüft und sicherstellt. Der SIGMA-TRANSWAB® PF mit Liquid Amies Medium zeigte allerdings Schwächen bei Anaerobiern nach 48 Stunden bei Raumtemperatur (Stuczen et al., 2011).
2. Im Vergleich von fünf verschiedenen Abstrichtupfern bezogen auf Ihre Effektivität in einem nasalen MRSA Screening an einem kontaminierten künstlichen Nasenmodell ergaben sich folgende Ergebnisse (Vgl. Warnke et al., 2014).

Tabelle 33 - Qualitatives Ergebnis hinsichtlich des MRSA-Nachweises als Direktausstrich auf Columbia-Agarplatten und in Amies Medium (Warnke et al., 2014).

Name°	Sensitivität°
MWE SIGMA-Swab	93 %
MWE SIGMA-Swab in Amies medium	100 %
CopanFLOQSwabs	100 %
CopanFLOQSwabs in Amies medium	100 %

° 15 Abstriche pro Tupfer

- Es wurden Tupfer der Firma Copan einmal mit einem Baumwollkopf und einmal mit einem Nylonkopf auf Ihre Fähigkeit verschiedene Bacillus Sporen nachzuweisen hin verglichen. Die Nachweisrate auf rostfreiem Stahl der ursprünglich aufgetragenen Sporen entsprach dabei bei den Nylontupfern (Phosphate Buffered Saline with Tween 20 als Transportmedium) 45,4 +/- 1,2 % (Standardabweichung) und bei den Baumwolltupfern (Wasser als Transportmedium) 13,2 +/- 1,2 % (Standardabweichung). Es gab zusätzlich Unterschiede im Kulturmedium (Probst et al., 2010).

Zusätzlich wurde die Nachweisrate der Nylontupfer auf verschiedenen Materialtypen getestet. Dabei zeigte sich, dass je rauer und komplexer eine Oberfläche ist, die Nachweisrate umso schlechter ausfällt (Karbonfaser-verstärktes Plastik durchschnittlich 62 %, rostfreier Stahl durchschnittlich 45,2 % und zwei verschiedene Textilarten durchschnittlich je 5,9 und 8,8 %) (Probst et al., 2010).

Untersuchung 2: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf aufbereiteten Encasings und Matratzen)

Als Resultat der diskutierten Gründe wurde ab jetzt ein Nylon-beflockter Tupfer verwendet, um die Regenerierungsraten zu verbessern. Die Proben wurden von Reservebetten, die auf den Stationen standen, und von Betten aus den drei verschiedenen zentralen Bettenaufbereitungen genommen. Eine zentrale Bettenaufbereitung arbeitet dabei teilweise noch mit der thermischen Desinfektion mittels fraktioniertem Vakuumverfahren, die anderen beiden nur mit der zentralen manuellen Aufbereitung. Somit sollte ein guter Durchschnitt über die Kontamination nach Desinfektion im Klinikum mit der Eigenschaft „Matratze mit Encasing“ erhoben werden.

Außerdem wurde nun ein Universal-Anreicherungsmedium benutzt. Während des Untersuchungszeitraums war zeitweise keine MALDI-TOF Untersuchung möglich, weshalb

auf Identifizierung mittels Vitek Gerätes und geeigneter Bestimmungskarten zurückgegriffen wurde. Dies ist jedoch auch zur Bestimmung der Bakterienart geeignet, führt aber zu einer Einschränkung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Um eine Doppelbeprobung von Matratzen zu vermeiden, fanden die Untersuchungen mit dem Abstand von mindestens einer Woche statt. Dennoch ist es nicht sicher auszuschließen.

Das Desinfektionsmittel Terralin protect hat auch nach dem Abtrocknen noch eine Wirkung (die sogenannte Remanenz) und muss 60 Minuten einwirken (Schülke & Mayr GmbH, 2017). Da nach der Desinfektion kein Zeitstempel auf die Betten aufgebracht wird, ist eine genaue zeitliche Einordnung der Einwirkzeit schwierig. Somit könnte es sein, dass Bakterien nachgewiesen wurden, die noch durch die Desinfektion eliminiert worden wären. Nach Möglichkeit wurden deshalb v.a. Betten beprobt, die bereits bezogen waren und somit von einer ausreichend langen Einwirkzeit auszugehen ist. Zudem ist die Untersuchung mit einem Tupfer auf dieser relativ großen Fläche nicht so sensitiv, als dass einzelne Bakterien zuverlässig nachgewiesen werden können, sondern vor allem größere Keimansammlungen.

Das Reinigungspersonal wurde nicht über die Zeitpunkte der Probennahmen informiert und die Probennahme erstreckte sich bei unregelmäßigen Intervallen über ca. ein Jahr, sodass eine Verfälschung durch einen Beobachtungseffekt vergleichsweise gering ausfallen sollte.

Untersuchung 3: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf aufbereiteten Abstandsgewirken)

Im Vergleich zu Untersuchung 2 wurde hier nur die Oberfläche des Abstandsgewirkes beprobt, dafür aber von beiden Seiten. Die unterliegenden Matratzen zur Verwendung mit Abstandsgewirken wurden im Rahmen der Probennahme bei den zentralen Aufbereiteräumlichkeiten mit beprobt, allerdings nur mit einer geringen Stichprobenzahl von 11 Matratzen, da davon deutlich weniger im Umlauf waren. Für einen besseren Vergleich sollte in zukünftigen Studien zu dieser Thematik eine größere Stichprobenzahl analysiert werden.

Somit sind die Untersuchungen der Aufbereitung von „Matratze mit Encasing“ und „Abstandsgewirke“ nicht direkt miteinander vergleichbar, das Outcome der bakteriellen Kontamination der Patientenliegefläche jedoch schon. Die Ankündigung der Beprobung erfolgte hier in der Regel drei bis vier Stunden vor Beginn, sodass dem jeweiligen Mitarbeiter zwar bewusst war, dass die Abstandsgewirke beprobt werden, dies aber wenig

Auswirkungen haben sollte, da der Reinigungs- und Desinfektionsprozess fast vollständig automatisiert ist. Auf Grund der unregelmäßigen Aufbereitungsfrequenz wurden lediglich 31 Proben von Abstandsgewirken genommen (dem gegenüber wurden 110 Encasing-Oberflächen beprobt). Trotz dieser geringen Stichprobenzahl der Abstandsgewirke errechnete sich im U-Test von Mann und Whitney ein signifikanter p-Wert, da sich die Ergebnisse der Gruppe recht deutlich unterscheiden. Eine Weiterführung der Untersuchung zu Ähnlichen Stichprobenzahlen wäre dennoch sinnvoll, um die Aussagekraft zu verbessern.

Untersuchung 4: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf Matratzen und Encasings vor und nach Desinfektion bei isolierten Patienten)

Um die Effektivität der Desinfektion mit den empfohlenen Desinfektionsmitteln zu testen, sollten Proben vor und nach der Desinfektion von der Oberfläche des Encasings und der Matratze des isolierten Patienten genommen werden. Dies gelang jedoch in nur 11 Fällen und das über einen längeren Zeitraum, da es organisatorische Probleme (vor allem Koordination der Probennahme im kurzen Fenster zwischen Entlassung des Patienten und Probennahme) im Ablauf gab, die sich nicht zufriedenstellend lösen ließen. Somit blieb es bei dieser Pilotuntersuchung mit 11 Fällen. Diese sind nicht repräsentativ. In einer weiterführenden Untersuchung sollte diese Fragestellung mit einer verbesserten Strategie zur Probenakquisition untersucht werden. Dieses Problem fand sich ähnlich auch in anderen Arbeiten (Viana et al., 2016). In der Regel fand ein Kontakt mit der beauftragten Reinigungskraft statt, da die Intervalle zwischen Entlassung und Endreinigung recht kurz sind. Somit ist ein Beobachtungseffekt möglich, da die Reinigungskraft sich der Untersuchung bewusst war.

Zusammengefasst sind die drei größten methodischen Schwächen der Untersuchungen zum einen die limitierte Aussagekraft der Probennahme. Die Wahrscheinlichkeit falsch negativer Testergebnisse bei relativ großen Flächen und einem unbekannten Infektionspotential in der Matratze ist als nicht unerheblich einzuschätzen. Dies war in der Untersuchungsmodalität aber nicht sinnvoll zu verbessern.

Zweitens, dass die Stichprobenzahl der zu den Abstandsgewirken gehörigen Matratzen (Untersuchung 2), der Abstandsgewirke (Untersuchung 3) und der Untersuchung 4 eher gering ausfällt und eine weitere Erhebung von Stichproben dies verbessern könnte.

Drittens wäre zur vollständigen Beurteilung der hygienischen Eignung der Abstandsgewirke eine Beprobung der Bezüge für die Abstandsgewirke nötig gewesen.

Für zukünftige Studien ist die Forderung von Han et al. weniger Surrogatparameter wie in dieser Untersuchung, sondern vielmehr patientenrelevante Parameter wie Entwicklung der Infektionszahlen, Morbidität etc. in groß angelegten Interventionsstudien zu untersuchen sicherlich eine wichtige Forderung (Han et al., 2015). Am Anfang sollte jedoch eine Primärevaluation der Möglichkeiten einer neuen Methode oder eines neuen Produktes getestet werden, da es viele Innovationen im Bereich der Hygiene gibt und eine groß angelegte Testung aller direkt zu Anfang zu aufwendig wäre.

4.2 Ergebnisse

Untersuchung 1: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf belegten Patientenmatratzen)

Die Proben wurden im Regelbetrieb von Matratzen nicht isolierter Patienten genommen. Die bakterielle Kontamination der Matratzenkerne ist in Anbetracht der begrenzten Sensitivität der Probennahme und der als Flüssigkeits- und Keimdicht klassifizierten Encasings als recht stark einzuschätzen. Lediglich 31,3 % der Matratzenkerne zeigten kein bakterielles Wachstum. Zwar sind eine Vielzahl der gefundenen Arten auch Hautkeime (z.B. KNS, *Micrococcus luteus* etc.) mit einem eher fakultativen Potential für nosokomiale Infektionen, dennoch sind endemische Cluster z.B. für KNS in Krankenhäusern beschrieben worden. Dies ist bei häufig vorhandenen Antibiotikaresistenzen bei KNS ein nicht zu unterschätzendes Gefährdungspotential.

Auch eine Kolonisierung von Patienten durch diese Keime ist möglich, sodass später eine sekundär endogene nosokomiale Infektion daraus entstehen könnte.

Von 7 % der Matratzenkernen mit potenziellen Problemkeimen wurde auf 3,5 % der Matratzenkerne *Staphylococcus aureus* nachgewiesen. Diese Stämme waren zwar nicht resistent, aber dieser Fund bestärkt die Vermutung, dass diese Art auch im klinischen Alltag ein Reservoir in Matratzen bilden kann und resistente Stämme analog in den Kern eindringen und beherbergt werden können. Für *S. aureus* wurde im Laborversuch mit menschlichen Flüssigkeiten als Transportvektor in oberflächenmodulierten Schaumstoffmatratzen eine Nachweisbarkeit von über 70 Tagen nachgewiesen, andere relevante Erreger mit geringerer Persistenzzeit (Esteves et al., 2016). Der Fund eines *Acinetobacter lwoffii* 4-MRGN Stammes in einem Kern verdeutlicht dies.

Bei den Encasings fiel die Kontamination sehr hoch aus. 0 % der Encasings waren keimfrei. Auch hier war der größte Teil des Erregerspektrums Teil der Hautflora (KNS, *Micrococcus luteus* etc.), allerdings fanden sich auf vier Bezügen *Staphylococcus aureus*, auf einem ein *Enterococcus faecium* und auf einem ein MRSA.

Zusammengefasst ist im Regelbetrieb der Stationen am Universitätsklinikum Marburg von einer nicht unerheblichen Kontamination der Encasings mit der Patientenflora auszugehen, was die Bedeutung dieser Fläche für den Patienten und die Aufbereitung unterstreicht. Lax et al. haben in einer Untersuchung verdeutlicht, wie sehr sich das humane Mikrobiom bereits im Alltag in der Umgebung verteilt (Lax et al., 2014), was eine Übertragung durch den Patienten als Übertragungsvektor am wahrscheinlichsten erscheinen lässt.

Die Matratzenkerne zeigten weniger frequent Kontaminationen, aber für Flüssigkeits- und Keimdicht ausgelegte Encasings fanden sich zu viele Bakterien darunter. Der Ursprung dieser Keime ist mit der vorliegenden Untersuchung nicht zu beantworten. Möglich wäre ein Eintritt der Bakterien vom Patienten oder anderen Personen mit Kontakt zur Matratze durch Beschädigungen des Bezugs, durch den Reisverschluss, eine Kontamination durch unsachgemäßes Öffnen des Encasings oder als Confounder eine systematische Kontamination während der Probennahme.

Untersuchung 2: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf aufbereiteten Encasings und deren Matratzen)

In der Untersuchung 2 wird die Effektivität der Reinigung und Desinfektion der Encasings in Hinblick auf die Ergebnisse der Untersuchung 1 diskutiert. Die Abstrichtupfer wurden auf solche mit einer besseren Sensitivität gewechselt, sodass in dieser Hinsicht die Ergebnisse besonders für den Matratzenkern spannend sind.

Die optische Bewertung der Matratzenkerne ergab 11,9 % verschmutzte Matratzenkerne. Dies könnte entweder durch eine nicht konsequente Wartung der Matratzen und Encasings oder durch eine schnelle Verschmutzung durch die Patientenbenutzung geschehen sein. Wie lange Encasings ihre Flüssigkeitsimpermeabilität unter Realbedingungen behalten ist nicht sicher, zumal neben offensichtlichen Schäden wie Löchern über die Zeit auch von außen unsichtbare Schäden an dem Encasing entstehen können (Bradbury et al., 2014). Vergleiche zwischen verschiedenen Encasings gestalten sich sehr schwierig, da die Herstellungsweise teilweise unter das Firmengeheimnis fällt.

In diesem Untersuchungszeitraum wurden 65,3 % der Matratzenkerne als keimfrei klassifiziert. Dies sind mehr als in Untersuchung 1, obwohl nun ein Nylon-beflockter Tupfer mit erwarteter höherer Sensitivität verwendet wurde. Eventuell hat die Aufbereitung auch einen desinfizierenden Effekt durch das Encasing auf die Oberfläche der Matratze. Das Keimspektrum bestand auch hier überwiegend aus Bakterien der Hautflora (KNS, *Micrococcus luteus* etc.). Negativ aufgefallen ist bei drei Matratzen ein Nachweis von *Enterococcus faecium* (2,5 %). Diese waren zwar alle Vancomycin sensibel, aber Reservoir dieser Art sind im klinischen Alltag in Matratzen offenbar möglich, was in Kombination mit einer langen Umweltpersistenz und der Resistenzentwicklung in Deutschland nicht vorteilhaft ist.

Die Subgruppe der Abstandsgewirke Matratzen wies 9,1 % verschmutzte Matratzenkerne auf. Dies ist etwas weniger als bei den herkömmlichen Matratzen, aber bei dieser kleinen Fallzahl nicht aussagekräftig.

Es wurden 63,6 % der Matratzenkerne als keimfrei klassifiziert. Dies sind weniger als bei den konventionellen Matratzen, das Ergebnis ist allerdings auch hier bei der kleinen Fallzahl nicht aussagekräftig.

Die optische Bewertung der Encasings ergab einen Anteil von 13,6 % mit Fund von entweder Löchern oder großen, eingetrockneten Flecken. Marks et al. fanden in einer Untersuchung sogar 39 % beschädigte Encasings (hier wurden allerdings auch Tragen und Liegen mit untersucht) (Marks und Abboud, 2016), sodass diese 13,6 % im Vergleich mit diesem Ergebnis kein schlechtes Ergebnis sind. Allerdings wäre mit den in der Einleitung diskutierten Risiken von nicht intakten Encasings eine einstellige Prozentzahl wünschenswert, zumal die Beurteilung nach der Aufbereitung durch die Reinigungskräfte erfolgte und somit auch ein Problem in der Anleitung des Reinigungspersonals bestehen könnte.

Bei den Encasings waren lediglich 1,8 % ohne Bakterienfund. Dies könnte der besseren Sensitivität des Nylon-Abstrichstumpfers geschuldet sein.

Führend waren auch hier die Keime der Hautflora (KNS, *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus* etc.). Trotz Aufbereitung fanden sich auf 9,1 % der Encasings noch potenzielle Problemkeime wie *Staphylococcus aureus*, Enterokokken, *Acinetobacter lwoffii* und andere. Diese zeigten zwar keine Antibiotikaresistenzen, aber ein Vorkommen auf dem Encasing nach der Desinfektion führt die unzureichende Effektivität vor Augen.

Zusammenfassend für Untersuchung 1 und 2 ist hinsichtlich der Matratzenkerne anzumerken, dass mit Abstrichtupfern gezeigt werden kann, dass diese wahrscheinlich nicht komplett dicht sein können und auch Problemkeime Einzug in die Matratzen halten und unter Umständen eine Gefahr für Patienten darstellen können. Es ist anzunehmen, dass bei genauerer Analyse einzelner Matratzen unter Einbezug der inneren Teile ein noch weitaus größeres bakterielles Spektrum zu erwarten ist (Thomas, 1998) (Yu et al., 2016).

Untersuchung 3: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf aufbereiteten Abstandsgewirken)

In dieser Gruppe waren 35,5 % der Proben ohne Kulturnachweis. Auch hier waren die gefundenen Keime i.d.R. Teil der normalen Hautflora. Lediglich auf einem fand sich die Art *Pseudomonas aeruginosa*. Im Vergleich mit dem Vorversuch unter Laborbedingungen von Mutters et al. (Mutters et al., 2008) zeigten sich hier Bakterien, allerdings v.a. die opportunistischen KNS mit einer niedrigen Virulenz. Der *Pseudomonas aeruginosa* Fund hingegen ist als Problemkeim einzustufen. Ob dies ein Einzelfund war oder reproduzierbar ist, müsste in einer größeren Versuchsreihe untersucht werden.

Insgesamt findet sich auf den Abstandsgewirken also ein relativ begrenztes humanpathogenes Potential.

Untersuchung 4: (Vorkommen von humanpathogenen und antibiotikaresistenten Bakterien auf Matratzen und Encasings vor und nach Desinfektion bei isolierten Patienten)

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind nur rudimentär, da der organisatorische Ablauf für die Probennahme sich nicht sicher etablieren ließ. Diese 11 Proben sind somit nur als Pilotprojekt zu sehen und zeigen, dass die Tendenz der Desinfektion im Rahmen einer Enddesinfektion bei isolierten Patienten zumindest bei MRSA einen guten Effekt zu haben scheint. Diese Untersuchung müsste mit größerer Fallzahl noch einmal durchgeführt werden, um verlässlichere Aussagen über die tatsächliche Effizienz der Aufbereitung von Matratzen isolierter Patienten machen zu können.

Vergleich von U2 und U3 auf die Frage nach der mikrobiologischen Kontamination hin:

Die Abstandsgewirke sind signifikant häufiger keimfrei als die Encasings (+33,7 %) und auch die Rate an potenziellen Problemkeimen ist bei diesen geringer (-5,9 %).

Es lässt sich abschließend die Tendenz erkennen, dass Abstandsgewirke als Fläche des direkten Patientenkontakts eine hygienisch vorteilhaftere Methode darstellen als die

herkömmlichen Encasings, die in einem nicht unerheblichen Teil der Fälle beschädigt sind (die Flüssigkeitsimpermeabilität intakt aussehender Oberflächen von Encasings wurde in dieser Untersuchung nicht mit geprüft, aber ist in anderen Untersuchungen als problematisch aufgefallen (Bradbury et al., 2014)).

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erfahrungen von Hopman et al., die der zentralen maschinellen Reinigung im Vergleich zur manuellen Reinigung weniger Varianz und wahrscheinlich weniger mikrobiologische Restaktivität auf den Matratzen zusprechen (Hopman et al., 2015).

Um die Eignung umfassender bewerten zu können, sollte zudem noch eine größer angelegte Untersuchung der zu den Abstandsgewirken gehörigen Matratzen erfolgen, um deren mikrobiologisches Risiko mit dem der herkömmlichen Matratzen zu vergleichen.

4.3 Ausblick

Zusammengefasst besteht in der untersuchten Bettenaufbereitung das Problem von verbliebenen Bakterien auf den Encasings und im Matratzenkern, bei einer nicht optimalen Integritätskontrolle der Encasings, die zumindest die Problematik im Matratzenkern erklären könnte. Eine Untersuchung der Dichtigkeit gegenüber Flüssigkeiten und Pathogenen unter Laborbedingungen nach verschiedenen Alterskategorien (z.B. Encasing im 1.,2.,4.,6. und 8. Jahr) wäre hier sehr aufschlussreich. Zudem wäre die Evaluierung wichtig, ob es sich bei den gefundenen Hautkeimen um solche der Mitarbeiter handelt, die während des Aufbereitungsvorgangs aufgebracht wurden oder trotz Aufbereitungsmaßnahmen vom Patienten stammen. Dazu könnten die bakteriellen Stämme des Personals mit den auf dem Encasing befindlichen verglichen werden.

Die von Kramer et al. postulierte Forderung nach klar formulierten und gut etablierten SOPs als Voraussetzung für die manuelle Aufbereitung könnte zur Verbesserung der Ergebnisqualität beitragen, sodass die Leiter der Bettenaufbereitungen Ihre Anstrengungen eine einheitliche und gut verständliche SOP zu erarbeiten beibehalten und möglichst zeitnah umsetzen sollten. Als Grundlage sollte die von der Hygieneabteilung herausgegebene SOP dienen, die sich nah an der S1-Leitlinie der AWMF orientiert. Mit dieser Vorgehensweise könnte der optische Zustand der Kerne verbessert werden und im Zuge dessen wahrscheinlich auch der hygienische. Die SOPs sollten zudem in regelmäßigen Intervallen stattfindende optische und mikrobiologische Stichproben beinhalten.

Auf die Frage, inwiefern Abstandsgewirke einen Beitrag zu einer hygienischeren Patientenversorgung leisten können, lässt sich mit der aktuellen Untersuchung bestätigen, dass

diese deutlich häufiger keimfrei und nur selten mit Problemkeimen behaftet sind. Folglich ist eine Nutzung der Abstandsgewirke als hygienisch weniger problematische Fläche des direkten Patientenkontakts zu befürworten. Was in dieser Untersuchung nicht untersucht wurde, ist der direkte Nutzen für den Patienten. Die Abstandsgewirke sollten im Rahmen einer größer angelegten Studie, am besten im Rahmen einer Interventionsstudie, unter anderem auf die Parameter Häufigkeit nosokomialer Infektionen, Kolonisierungsereignisse, Mortalität und Liegedauer hin untersucht werden.

Im Rahmen dieser Arbeit zeigte sich zudem, dass es bis heute keine Empfehlungen hinsichtlich der am besten zu verwendenden Desinfektionsmittel auf Encasings gibt. Eine Untersuchung verschiedener Wirkstoffe unter praxisnahen Bedingungen im Krankenhaus, beispielsweise an präparierten Matratzen, wäre wünschenswert.

Diese Anstrengungen erscheinen im Licht der zunehmenden Antibiotikaresistenzen und in einigen Fällen nachgewiesenen endemischen Ausbreitung dieser Stämme im Krankenhaus mit Bildung von Reservoirern notwendig. Die Hygiene darf nicht nur als Zeit- und Kostenfaktor angesehen werden, sondern es muss deren essenzieller Wert in der Patientenbetreuung im Mittelpunkt stehen.

5 Zusammenfassung

Nosokomiale Infektionen sind ein weltweites Problem mit einer Prävalenz von 7,6 bis 10,1 %. Hieraus ergeben sich negative Auswirkungen für die Patienten insbesondere hinsichtlich Hospitalisierungsdauer und Mortalität.

Eine Quelle nosokomialer Infektionen im Krankenhaus sind insbesondere die Patientenbetten, mit deren Oberfläche der Patient vergleichsweise häufigen und langen Kontakt hat. Das Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, welches Risiko von Matratzen-Encasings und den Matratzen selbst ausgeht. Zudem wurde untersucht, ob ein Abstandsgewirke das Infektionsrisiko für Patienten verringern kann.

Im ersten Teil der Untersuchung wurden dafür Abstriche von Encasings und Matratzenoberflächen durchgeführt. Diese wurden dann im Labor auf mikrobiologisches Wachstum bebrütet. Nach Auswertung konnte somit ein Überblick über die aktuelle bakterielle Kontamination im laufenden Betrieb geschaffen.

Mit diesem Vorgehen wurde dann zusätzlich untersucht, welche mikrobiologische Belastung auf Krankenhausmatratzen und auf den Encasings nach regulärer Endreinigung verbleibt. Darauf aufbauend sollte die Effektivität der Endreinigung im direkten Vergleich einer Matratze und eines Encasings vor und nach Desinfektion bestimmt werden. Diese Untersuchung erbrachte jedoch keine aussagekräftigen Ergebnisse.

In der Auswertung ergab sich, dass nur 65,3 % der Matratzen und 1,8 % der Encasings frei von Bakterien waren. In 9,1 % der Encasings und 2,5 % der Matratzen konnten Bakterien mit einer gesteigerten Pathogenität gegenüber Menschen nachgewiesen werden.

Vergleichend zu den 1,8 % Bakterien-freien Encasings fanden sich 35,5 % Bakterien-freie Abstandsgewirke. Außerdem waren nur auf 3,2 % der Abstandsgewirke Bakterien mit erhöhter Pathogenität gegenüber Menschen nachweisbar.

Das zentrale Problem von verbleibenden Bakterien auf den Encasings und im Matratzenkern, bei einer nicht optimalen Integritätskontrolle der Encasings, könnte ein Teilaspekt der Erklärung sein. Eine Untersuchung der Dichtigkeit gegenüber Flüssigkeiten und Pathogenen unter Laborbedingungen nach verschiedenen Alterskategorien (z.B. Encasing im 1., 2., 4., 6. und 8. Jahr) wäre hier sehr aufschlussreich. Zudem wäre die Evaluierung wichtig, ob es sich bei den gefundenen Hautkeimen um solche der Mitarbeiter handelt, die während des Aufbereitungsvorgangs aufgebracht wurden oder trotz Aufbereitungsmaßnahmen vom Patienten stammen. Dazu könnten die bakteriellen Stämme des Personals mit den auf dem Encasing befindlichen verglichen werden.

Klar formulierte und gut etablierten Handlungsanweisungen als Voraussetzung für die manuelle Aufbereitung könnten

zur Verbesserung der Ergebnisqualität beitragen, sodass die Leitung der Bettenaufbereitungen Ihre Anstrengungen eine einheitliche und gut verständliche Handlungsanweisungen zu erarbeiten beibehalten und möglichst zeitnah umsetzen sollten. Als Grundlage sollte die von der Hygieneabteilung herausgegebene Handlungsanweisung dienen, die sich nah an der S1-Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften orientiert. Mit dieser Vorgehensweise könnte der optische Zustand der Kerne verbessert werden und im Zuge dessen wahrscheinlich auch der hygienische Zustand. Die Handlungsanweisungen sollten zudem in regelmäßigen Intervallen stattfindende optische und mikrobiologische Stichproben beinhalten.

Auf die Frage, inwiefern Abstandsgewirke einen Beitrag zu einer hygienischeren Patientenversorgung leisten können, lässt sich mit der aktuellen Untersuchung bestätigen, dass diese deutlich häufiger keimfrei und nur selten mit Problemkeimen behaftet sind. Folglich ist eine Nutzung der Abstandsgewirke als hygienisch weniger problematische Fläche des direkten Patientenkontakts zu befürworten. Was in dieser Untersuchung nicht untersucht wurde, ist der direkte Nutzen für den Patienten. Die Abstandsgewirke sollten im Rahmen einer größer angelegten Studie, am besten im Rahmen einer Interventionsstudie, unter anderem auf die Parameter Häufigkeit nosokomialer Infektionen, Kolonisierungsergebnisse, Mortalität und Liegedauer hin untersucht werden.

Im Rahmen dieser Arbeit zeigte sich zudem, dass es bis heute keine Empfehlungen hinsichtlich der am besten zu verwendenden Desinfektionsmittel auf Encasings gibt. Eine Untersuchung verschiedener Wirkstoffe unter praxisnahen Bedingungen im Krankenhaus wäre wünschenswert.

Zusammenfassend lässt sich aus der Untersuchung ableiten, dass Abstandsgewirke zur Patientensicherheit mittels verbesserter hygienischer Zustände beitragen können. Auf Grund der weniger oft nachgewiesenen Bakterien, insbesondere von Problemkeimen, ist anzunehmen, dass hierdurch die Rate an nosokomialen Infektionen verringert werden kann. Mit den aktuellen Daten lässt sich diese Aussage jedoch noch nicht abschließend beweisen, sodass weitere Untersuchungen mit dem Schwerpunkt auf Patienten-zentrierte Endpunkte wie Entwicklung der Rate an nosokomialen Infektionen, Entwicklung der Mortalität und Dauer des Krankenhausaufenthaltes durch Implementierung der Abstandsgewirke nötig sind. Dies sollte am besten im Rahmen von randomisierten und doppelblinden Studien erfolgen.

5.1 Summary (Zusammenfassung)

Hospital-acquired infections are a major concern of current healthcare with a pooled prevalence from 7.6 to 10.1% worldwide in terms of negative consequences for the patient like e.g. mortality and length of stay.

One possible source of hospital-acquired infections is the hospital bed, since the surface is used long-term by patients. It is the target of this investigation to find out if there is any hygienic risk originating from the encasing or mattress core of the hospital bed. Moreover it will be discussed if a spacer fabric inside the hospital bed might improve the risk of infections.

As a first step of this study swabs were taken from encasings and mattress cores. Afterwards the specimens have been analysed for bacterial growth to get an overview of the bacterial contamination in the current operation. The same procedure has taken place with hospital beds and spacer fabrics after final cleaning. Furthermore there was the try to evaluate the efficacy of processing the mattress encasings by sampling them directly before and after disinfection, but this part wasn't successful in terms of timely sampling.

As a result only 65.3% of mattress cores and 1.8% of encasings were free of bacteria after final cleaning. In 9.1% of encasings and 2.5% of mattress cores bacteria with increased pathogenicity for humans were isolated. In contrast to 1.8% bacteria-free encasings there were 35.5% of bacteria-free spacer-fabrics and only 3.2% bacteria with increased pathogenicity for humans.

To sum up this investigation supports the use of spacer-fabrics in terms of hygienic precautions. It can be assumed, that they could be helpful to lower the number of hospital-acquired infections. Anyway, to secure this statement it is necessary to analyse the effect on patient-centered outcomes like rate of hospital-acquired infections, mortality and length of stay in a randomized and controlled trial.

6 Literaturverzeichnis

Ackermann, Grit (2004): Clostridium difficile - Aktueller Stand. Teil I: Epidemiologie, Pathogenese, Diagnostik, Therapie, Immunologie und Prophylaxe. In: *DER MIKROBIOLOGE* 14, S. 123–129, zuletzt geprüft am 23.03.2018.

Allegranzi, Benedetta et al. (2011): Report on the Burden of Endemic Health Care-Associated Infection Worldwide.

Andrade, D. de; Angerami, E. L.; Padovani, C. R. (2000): A bacteriological study of hospital beds before and after disinfection with phenolic disinfectant. In: *Revista panamericana de salud publica = Pan American journal of public health* 7 (3), S. 179–184.

Arbeitskreis "Krankenhaus- & Praxishygiene" der AWMF (1998): Empfehlungen zur Hygiene in Klinik und Praxis. Hygienische Anforderungen an Hausreinigung und Flächenendesinfektion. Hg. v. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. Online verfügbar unter http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/029-030l_S1_Hygiene_Hausreinigung_Flaechendesinfektion_2015-09.pdf, zuletzt aktualisiert am 09/2015, zuletzt geprüft am 14.04.2020.

Attaway, Hubert H.; Fairey, Sarah; Steed, Lisa L.; Salgado, Cassandra D.; Michels, Harold T.; Schmidt, Michael G. (2012): Intrinsic bacterial burden associated with intensive care unit hospital beds. Effects of disinfection on population recovery and mitigation of potential infection risk. In: *American journal of infection control* 40 (10), S. 907–912. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.11.019.

Ayyagari, A.; Chander, J.; Narang, A.; Banerjee, C. K.; Panigrahi, D.; Bhakoo, O. N.; Sarkar, S. (1990): Outbreak of Salmonella worthington meningitis & septicaemia in a hospital at Chandigarh (north India). In: *The Indian journal of medical research* 91, S. 15–17.

Barnes, Sean L.; Morgan, Daniel J.; Harris, Anthony D.; Carling, Phillip C.; Thom, Kerri A. (2014): Preventing the transmission of multidrug-resistant organisms. Modeling the relative importance of hand hygiene and environmental cleaning interventions. In: *Infection control and hospital epidemiology* 35 (9), S. 1156–1162. DOI: 10.1086/677632.

Behnke, Michael; Aghdassi, Seven Johannes; Hansen, Sonja; Diaz, Luis Alberto Peña; Gastmeier, Petra; Piening, Brar (2017): The Prevalence of Nosocomial Infection and Antibiotic Use in German Hospitals. In: *Deutsches Arzteblatt international* 114 (50), S. 851–857. DOI: 10.3238/arztebl.2017.0851.

Behnke, Michael; Hansen, Sonja; Leistner, Rasmus; Diaz, Luis Alberto Peña; Gropmann, Alexander; Sohr, Dorit et al. (2013): Nosocomial infection and antibiotic use. A second national prevalence study in Germany. In: *Deutsches Arzteblatt international* 110 (38), S. 627–633. DOI: 10.3238/arztebl.2013.0627.

Bergmans, D. C.; Bonten, M. J.; van Tiel, F. H.; Gaillard, C. A.; van der Geest, S.; Wilting, R. M. et al. (1998): Cross-colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* of patients in an intensive care unit. In: *Thorax* 53 (12), S. 1053–1058.

Bönisch, Heinz; Graefe, Karl-Heinz; Lutz, Werner (2016): Duale Reihe Pharmakologie und Toxikologie. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: THIEME (Reihe, DU-ALE REIHE).

Bousquet, A.; van der Mee-Marquet, N.; Dubost, C.; Bigaillon, C.; Larréché, S.; Bugier, S. et al. (2017): Outbreak of CTX-M-15-producing *Enterobacter cloacae* associated with therapeutic beds and syphons in an intensive care unit. In: *American journal of infection control* 45 (10), S. 1160–1164. DOI: 10.1016/j.ajic.2017.04.010.

Bradbury, Susan L.; Mack, Deborah; Crofts, Terri; Ellison, Richard T. (2014): Potential bloodborne pathogen exposure from occult mattress damage. In: *American journal of infection control* 42 (4), S. 421–422. DOI: 10.1016/j.ajic.2013.10.011.

Bundesministerium für Gesundheit (2018): Neue EU-Verordnungen. Hg. v. Bundesministerium für Gesundheit. Bundesministerium für Gesundheit. Online verfügbar unter <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/medizinprodukte/neue-eu-verordnungen.html>, zuletzt geprüft am 26.02.2018.

Bundestag (20.12.1988): Sozialgesetzbuch (SGB) Fünftes Buch (V) - Gesetzliche Krankenversicherung - (Artikel 1 des Gesetzes v. 20. Dezember 1988, BGBl. I S. 2477), vom 20.12.1988, BGBl. S. 2477, 2482), letzte Änderung 17.08.2017 (BGBl. S. 3214). In: *Bundesgesetzblatt* (58), S. 3214–3230. Online verfügbar unter [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*\[@attr_id=%27bgbl118s0099.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s3214.pdf%27%5D__1519723230083](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*[@attr_id=%27bgbl118s0099.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s3214.pdf%27%5D__1519723230083), zuletzt geprüft am 27.02.2018.

Bundestag: Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG). IfSG, vom 20.07.2000 (BGBl. 1045), letzte Änderung 17.07.2017 (BGBl. I S. 2615). In: *Bundesgesetzblatt* (49), S. 2615–2639.

Online verfügbar unter [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*\[@attr_id=%27bgbl118s0099.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s2615.pdf%27%5D__1519722697492](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*[@attr_id=%27bgbl118s0099.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s2615.pdf%27%5D__1519722697492), zuletzt geprüft am 27.02.2018.

Byers, K. E.; Durbin, L. J.; Simonton, B. M.; Anglim, A. M.; Adal, K. A.; Farr, B. M. (1998): Disinfection of hospital rooms contaminated with vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*. In: *Infection control and hospital epidemiology* 19 (4), S. 261–264.

Chemaly, Roy F.; Simmons, Sarah; Dale, Charles; Ghantaji, Shashank S.; Rodriguez, Maria; Gubb, Julie et al. (2014): The role of the healthcare environment in the spread of multidrug-resistant organisms. Update on current best practices for containment. In: *Therapeutic advances in infectious disease* 2 (3-4), S. 79–90. DOI: 10.1177/2049936114543287.

Christiansen B.; Dettenkofer M.; Becker E.M.; Eikmann Th.; Exner M; Heeg P. et al. (2004): Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI). In: *Bundesgesundheitsbl.* (47), S. 51–61. Online verfügbar unter DOI 10.1007/s00103-003-0752-9, zuletzt geprüft am 17.03.2018.

Cosgrove, Sara E.; Sakoulas, George; Perencevich, Eli N.; Schwaber, Mitchell J.; Karchmer, Adolf W.; Carmeli, Yehuda (2003): Comparison of mortality associated with methicillin-resistant and methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* bacteremia. A meta-analysis. In: *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America* 36 (1), S. 53–59. DOI: 10.1086/345476.

Cuzon, Gaelle; Ouanich, Jocelyne; Gondret, Remy; Naas, Thierry; Nordmann, Patrice (2011): Outbreak of OXA-48-positive carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* isolates in France. In: *Antimicrobial agents and chemotherapy* 55 (5), S. 2420–2423. DOI: 10.1128/AAC.01452-10.

Darai, Gholamreza; Handermann, Michaela; Sonntag, Hans-Günther (2012): Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen. Dordrecht: Springer. Online verfügbar unter <http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=884885>.

Das Bundesministerium für Gesundheit: Verordnung über das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten (Medizinprodukte-Betreiberverordnung - MPBetreibV). MPBetreibV, vom 21.08.2002 (BGBl. S. 3396); zuletzt geändert am 07.07.2017

(BGBl. S. 2842). In: *Bundesgesetzblatt* (53), 2842-2845. Online verfügbar unter https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s2842.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s2842.pdf%27%5D__1519720794397, zuletzt geprüft am 27.02.2017.

Datta, Rupak; Platt, Richard; Yokoe, Deborah S.; Huang, Susan S. (2011): Environmental cleaning intervention and risk of acquiring multidrug-resistant organisms from prior room occupants. In: *Archives of internal medicine* 171 (6), S. 491–494. DOI: 10.1001/archinternmed.2011.64.

Dicks, Kristen V.; Anderson, Deverick J.; Baker, Arthur W.; Sexton, Daniel J.; Lewis, Sarah S. (2017): Clinical Outcomes and Healthcare Utilization Related to Multidrug-Resistant Gram-Negative Infections in Community Hospitals. In: *Infection control and hospital epidemiology* 38 (1), S. 31–38. DOI: 10.1017/ice.2016.230.

Esteves, Deigilam C.; Pereira, Valeria C.; Souza, Joyce M.; Keller, Rogéria; Simões, Rebeca D.; Winkelstroter Eller, Lizziane K.; Rodrigues, Marcus Vinicius P. (2016): Influence of biological fluids in bacterial viability on different hospital surfaces and fomites. In: *American journal of infection control* 44 (3), S. 311–314. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.09.033.

Europäische Union (EU) (05. Mai /2017): VERORDNUNG (EU) 2017/745 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. April 2017 über Medizinprodukte, zur Änderung der Richtlinie 2001/83/EG, der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und der Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 und zur Aufhebung der Richtlinien 90/385/EWG und 93/42/EWG des Rates (Text von Bedeutung für den EWR), vom 05.04.2017. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* 60 (L 117), S. 1–175. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745&from=DE>, zuletzt geprüft am 26.02.2018.

European Centre for Disease Prevention and Control (2013): Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals. Stockholm: European Centre for disease prevention and control.

European Centre for Disease Prevention and Control (2017): Surveillance of antimicrobial resistance in Europe 2016. Annual Report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net). Stockholm.

Festlegung der Daten zu Art und Umfang des Antibiotika-Verbrauchs in Krankenhäusern nach 23 Abs. 4 Satz 2 IfSG (2013). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 56 (7), S. 996–1002.

Fiedler, Klaus et al. (2011): Pschyrembel Klinisches Wörterbuch 2012. [Buch plus Online ; inklusive Online Zugang für 1 Jahr]. 263., neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: De Gruyter.

FRANKE Matratzen GmbH & Co. KG (Hg.): PU-Schutz- und Hygienebezug SecuraMed. Hygienischer Schutz für Matratzen und Bettwaren vor Verunreinigungen. Online verfügbar unter <http://www.franke-matratzen.de/wp-content/uploads/2015/07/produktblatt-pu-bezug.pdf>, zuletzt geprüft am 25.11.2019.

French, G. L.; Otter, J. A.; Shannon, K. P.; Adams, N. M. T.; Watling, D.; Parks, M. J. (2004): Tackling contamination of the hospital environment by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). A comparison between conventional terminal cleaning and hydrogen peroxide vapour decontamination. In: *The Journal of hospital infection* 57 (1), S. 31–37. DOI: 10.1016/j.jhin.2004.03.006.

Fujita, K.; Lilly, H. A.; Kidson, A.; Ayliffe, G. A. (1981): Gentamicin-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection from mattresses in a burns unit. In: *British medical journal (Clinical research ed.)* 283 (6285), S. 219–220.

Fux, Christoph A.; Stoodley, Paul; Hall-Stoodley, Luanne; Costerton, J. William (2003): Bacterial biofilms. A diagnostic and therapeutic challenge. In: *Expert review of anti-infective therapy* 1 (4), S. 667–683.

Gastmeier, P.; Brunkhorst, F.; Schrappe, M.; Kern, W.; Geffers, C. (2010): Wie viele nosokomiale Infektionen sind vermeidbar? In: *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946)* 135 (3), S. 91–93. DOI: 10.1055/s-0029-1244823.

Gastmeier, P.; Geffers, C. (2008): Nosokomiale Infektionen in Deutschland. Wie viele gibt es wirklich? In: *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946)* 133 (21), S. 1111–1115. DOI: 10.1055/s-2008-1077224.

Gastmeier, P.; Vonberg, R-P (2014): *Klebsiella* spp. in endoscopy-associated infections. We may only be seeing the tip of the iceberg. In: *Infection* 42 (1), S. 15–21. DOI: 10.1007/s15010-013-0544-6.

Gastmeier, Petra; Bräuer, Helga; Forster, Dietmar; Dietz, Eckehard; Daschner, Franz; Rüden, Henning (2002): A quality management project in 8 selected hospitals to reduce

nosocomial infections. A prospective, controlled study. In: *Infection control and hospital epidemiology* 23 (2), S. 91–97. DOI: 10.1086/502013.

Gastmeier, Petra; Stamm-Balderjahn, Sabine; Hansen, Sonja; Zuschneid, Irina; Sohr, Dorit; Behnke, Michael et al. (2006): Where should one search when confronted with outbreaks of nosocomial infection? In: *American journal of infection control* 34 (9), S. 603–605. DOI: 10.1016/j.ajic.2006.01.014.

GEFA Hygiene-Systeme GmbH & Co. KG (Hg.): Textiles Vertrauen ist gut Gutachten sind besser. (2010) Online verfügbar unter http://www.gefatex.de/pdf/gutachten/gefa_gutachten.pdf, zuletzt geprüft am 25.11.2019.

Grubb, D. J.; Watson, K. C. (1982): *Pseudomonas septicaemia* from plastic mattresses. In: *The Lancet* 1 (8270), S. 518.

Gruber, Bernd et al. (2016): Hygienische Aufbereitung von Patientenbetten AWMF. Hg. v. AWMF. Online verfügbar unter http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/029-0231_S1_Hygienische_Aufbereitung_Patientenbetten_2016-01.pdf, zuletzt aktualisiert am 13.01.2016, zuletzt geprüft am 14.04.2020.

Grundmann, Hajo; Bärwolff, Sina; Tami, Adriana; Behnke, Michael; Schwab, Frank; Gelfers, Christine et al. (2005): How many infections are caused by patient-to-patient transmission in intensive care units? In: *Critical Care Medicine* 33 (5), S. 946–951.

Habib, J.; Shurtleff, S.; Fish, J.; Devlin, H. R. (1993): Nosocomial transmission of aminoglycoside resistant *acinetobacter anitratus* in a burn unit linked to mattresses. In: *American journal of infection control* 21 (2), S. 100. DOI: 10.1016/0196-6553(93)90313-S.

Haley, R. W.; Culver, D. H.; White, J. W.; Morgan, W. M.; Emori, T. G.; Munn, V. P.; Hooton, T. M. (1985a): The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals. In: *American journal of epidemiology* 121 (2), S. 182–205.

Haley, R. W.; Tenney, J. H.; Lindsey, J. O.; Garner, J. S.; Bennett, J. V. (1985b): How frequent are outbreaks of nosocomial infection in community hospitals? In: *Infection control : IC* 6 (6), S. 233–236.

Hammami, A.; Arlet, G.; Ben Redjeb, S.; Grimont, F.; Ben Hassen, A.; Rekik, A.; Philippon, A. (1991): Nosocomial outbreak of acute gastroenteritis in a neonatal intensive care unit in Tunisia caused by multiply drug resistant *Salmonella* wien producing SHV-

2 beta-lactamase. In: *European journal of clinical microbiology & infectious diseases : official publication of the European Society of Clinical Microbiology* 10 (8), S. 641–646.

Han, Jennifer H.; Sullivan, Nancy; Leas, Brian F.; Pegues, David A.; Kaczmarek, Janice L.; Umscheid, Craig A. (2015): Cleaning Hospital Room Surfaces to Prevent Health Care-Associated Infections. A Technical Brief. In: *Annals of internal medicine* 163 (8), S. 598–607. DOI: 10.7326/M15-1192.

Hans-Günther Sonntag (2008): Editorial zum Beitrag „Wirtschaftlichkeitsanalyse der dezentralen Bettenaufbereitung im Vergleich zur zentralen Bettenaufbereitung und Schlussfolgerungen zur Optimierung in einem Krankenhaus der Maximalversorgung“. In: *GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär* (Vol. 3(2)). Online verfügbar unter <http://www.egms.de/static/de/journals/dgkh/2008-3/dgkh000116.shtml>, zuletzt geprüft am 12.03.2018.

Hooker, Edmond A.; Allen, Stephen D.; Gray, Larry D. (2011a): Comparison of Rayon-Tip Swabs and Film Plates for Use in Collecting and Quantifying Bacteria on Hospital Bed Mattresses. In: *American journal of infection control* 39 (5), E191-E192. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.04.014.

Hooker, Edmond A.; Allen, Stephen D.; Gray, Larry D. (2011b): Terminal Cleaning of Hospital Bed Mattresses and Bedecks does not eliminate Bacterial Contamination. In: *American journal of infection control* 39 (5), E23-E24. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.04.067.

Hooker, Edmond A.; Allen, Steven; Gray, Larry; Kaufman, Cynthia (2012): A randomized trial to evaluate a launderable bed protection system for hospital beds. In: *Antimicrobial resistance and infection control* 1 (1), S. 27. DOI: 10.1186/2047-2994-1-27.

Hopman, J.; Nillesen, M.; Both, E. de; Witte, J.; Teerenstra, S.; Hulscher, M.; Voss, A. (2015): Mechanical vs. manual cleaning of hospital beds. A prospective intervention study. In: *The Journal of hospital infection* 90 (2), S. 142–146. DOI: 10.1016/j.jhin.2014.12.023.

Huang, Susan S.; Platt, Richard (2003): Risk of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection after previous infection or colonization. In: *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America* 36 (3), S. 281–285. DOI: 10.1086/345955.

Jenkins, R. O.; Sherburn, R. E. (2008): Used cot mattresses as potential reservoirs of bacterial infection. Nutrient availability within polyurethane foam. In: *Journal of applied microbiology* 104 (2), S. 526–533. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2007.03609.x.

Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) (2012a): Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 55 (10), S. 1244–1310. DOI: 10.1007/s00103-012-1548-6.

Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) (2012b): Hygienemaßnahmen bei Infektionen oder Besiedlung mit multiresistenten gramnegativen Stäbchen. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 55 (10), S. 1311–1354. DOI: 10.1007/s00103-012-1549-5.

Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) (2014): Empfehlungen zur Prävention und Kontrolle von Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus*-Stämmen (MRSA) in medizinischen und pflegerischen Einrichtungen. In: *Bundesgesundheitsbl.* 57 (6), S. 696–732. DOI: 10.1007/s00103-014-1980-x.

Kramer, Axel; Schwebke, Ingeborg; Kampf, Günter (2006): How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. In: *BMC infectious diseases* 6, S. 130. DOI: 10.1186/1471-2334-6-130.

Kramer, Axel u.a. (Hg.) (2016): Krankenhaus- und Praxishygiene. Hygienemanagement und Infektionsprävention in medizinischen und sozialen Einrichtungen. 3., überarbeitete Auflage. Munich: Urban & Fischer. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/book/9783437223129>, zuletzt geprüft am 16.02.2018.

Lax, Simon; Smith, Daniel P.; Hampton-Marcell, Jarrad; Owens, Sarah M.; Handley, Kim M.; Scott, Nicole M. et al. (2014): Longitudinal analysis of microbial interaction between humans and the indoor environment. In: *Science (New York, N.Y.)* 345 (6200), S. 1048–1052. DOI: 10.1126/science.1254529.

Lemmen, S. W.; Häfner, H.; Zolldann, D.; Stanzel, S.; Lütticken, R. (2004): Distribution of multi-resistant Gram-negative versus Gram-positive bacteria in the hospital inanimate

environment. In: *The Journal of hospital infection* 56 (3), S. 191–197. DOI: 10.1016/j.jhin.2003.12.004.

Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (2017). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 60 (11), S. 1274–1297.

Lübbert, Christoph (2014): Was lernen wir aus dem Leipziger KPC-Ausbruch? In: *Krankenh.hyg. up2date* 09 (01), S. 13–20. DOI: 10.1055/s-0034-1365033.

Lübbert, Christoph; Lippmann, Norman; Busch, Thilo; Kaisers, Udo X.; Ducomble, Tanja; Eckmanns, Tim; Rodloff, Arne C. (2014): Long-term carriage of *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-2-producing *K. pneumoniae* after a large single-center outbreak in Germany. In: *American journal of infection control* 42 (4), S. 376–380. DOI: 10.1016/j.ajic.2013.12.001.

Madigan, Michael T.; Martinko, John M.; Stahl, David A.; Clark, David P. (2013): Brock Mikrobiologie. [Gek. Sonderausg.] zs.-gest. aus: Brock Mikrobiologie, 13., aktualisierte Aufl., München, 2013. Harlow: Pearson (Always learning).

Marks, Brenda; Abboud, Tony (2016): Uncovering the Rate of Damaged Mattress Covers in Acute Care Hospitals. In: *American journal of infection control* (44), S. 28–82. Online verfügbar unter [http://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553\(16\)30097-9/abstract](http://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(16)30097-9/abstract), zuletzt geprüft am 13.03.2018.

Moore, E. P.; Williams, E. W. (1991): A maternity hospital outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. In: *The Journal of hospital infection* 19 (1), S. 5–16.

Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen (2017): Definitionen nosokomialer Infektionen für die Surveillance im Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS-Definitionen). Berlin: Robert Koch-Institut.

Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ); Robert Koch-Institut (RKI) (2013): Deutsche Nationale Punkt-Prävalenzstudie zu nosokomialen Infektionen und Antibiotika-Anwendung 2011 Abschlussbericht. Hg. v. Bundesministerium für Gesundheit. Online verfügbar unter https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Gesundheit/Berichte/Abschlussbericht_Deutsche_Nationale_Punkt-Praevalenzstudie__zu_nosokomialen_Infektionen_und_Antibiotika-Anwendung_2011.pdf, zuletzt geprüft am 17.03.2018.

- Ndawula, E. M.; Brown, L. (1991): Mattresses as reservoirs of epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. In: *The Lancet* 337 (8739), S. 488.
- Neumeister, Birgid; Braun, Rüdiger; K. Geiss, Heinrich; Kimmig, Peter (2009): *Mikrobiologische Diagnostik*. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: THIEME. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1055/b-002-19462>.
- Nordmann, P. (2014): Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. Overview of a major public health challenge. In: *Medecine et maladies infectieuses* 44 (2), S. 51–56. DOI: 10.1016/j.medmal.2013.11.007.
- Nseir, S.; Blazejewski, C.; Lubret, R.; Wallet, F.; Courcol, R.; Durocher, A. (2011): Risk of acquiring multidrug-resistant Gram-negative bacilli from prior room occupants in the intensive care unit. In: *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* 17 (8), S. 1201–1208. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2010.03420.x.
- O'Donoghue, M. A.; Allen, K. D. (1992): Costs of an outbreak of wound infections in an orthopaedic ward. In: *The Journal of hospital infection* 22 (1), S. 73–79.
- Onal, Levent; Yildirim, Mustafa (2012): Comfort properties of functional three-dimensional knitted spacer fabrics for home-textile applications. In: *Textile Research Journal* 82 (17), S. 1751–1764. DOI: 10.1177/0040517512444331.
- Orr, K. E.; Gould, F. K.; Perry, J. D.; Ford, M.; Morgan, S.; Sisson, P. R.; Morrison, D. (1994): Therapeutic beds. The Trojan horses of the 1990s? In: *The Lancet* 344 (8914), S. 65–66.
- Platt, R.; Polk, B. F.; Murdock, B.; Rosner, B. (1986): Risk factors for nosocomial urinary tract infection. In: *American journal of epidemiology* 124 (6), S. 977–985.
- Probst, Alexander; Facius, Rainer; Wirth, Reinhard; Moissl-Eichinger, Christine (2010): Validation of a nylon-flocked-swab protocol for efficient recovery of bacterial spores from smooth and rough surfaces. In: *Applied and environmental microbiology* 76 (15), S. 5148–5158. DOI: 10.1128/AEM.00399-10.
- Rahman, M. (1993): Epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (EMRSA). Experience from a health district of central England over five years. In: *Postgraduate medical journal* 69 Suppl 3, S126-9; discussion S130.

Reiss, I.; Borkhardt, A.; Füssle, R.; Sziegoleit, A.; Gortner, L. (2000): Disinfectant contaminated with *Klebsiella oxytoca* as a source of sepsis in babies. In: *The Lancet* 356 (9226), S. 310. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02509-5.

Robert Koch-Institut (24. November / 2014): Epidemiologisches Bulletin. Aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health. Hg. v. Robert Koch-Institut (Epidemiologisches Bulletin, 47). Online verfügbar unter https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2014/Ausgaben/47_14.pdf?__blob=publicationFile.

Robert Koch-Institut (RKI) (2013): Surveillance nosokomialer Infektionen sowie die Erfassung von Krankheits-erregern mit speziellen Resistenzen und Multiresistenzen. In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 56 (4), S. 580–583.

Robertson, M. H.; Hoy, G.; Peterkin, I. M. (1980): Anti-static mattress as reservoir of pseudomonas infection. In: *British medical journal* 280 (6217), S. 831–832.

Safdar, Nasia; Bradley, Elisa A. (2008): The risk of infection after nasal colonization with *Staphylococcus aureus*. In: *The American journal of medicine* 121 (4), S. 310–315. DOI: 10.1016/j.amjmed.2007.07.034.

Schülke & Mayr GmbH (Hg.) (2017): terralin® protect. Online verfügbar unter <https://www.schuelke.com/de-de/produkte/terralin-protect.php>, zuletzt geprüft am 13.04.2018.

Schwaber, Mitchell J.; Carmeli, Yehuda (2007): Mortality and delay in effective therapy associated with extended-spectrum beta-lactamase production in Enterobacteriaceae bacteraemia. A systematic review and meta-analysis. In: *The Journal of antimicrobial chemotherapy* 60 (5), S. 913–920. DOI: 10.1093/jac/dkm318.

Schweickert, B.; Kern, W. V.; With, K. de; Meyer, E.; Berner, R.; Kresken, M. et al. (2013): Antibiotika-Verbrauchs-Surveillance. Ausführungen und Erläuterungen zur Bekanntmachung "Festlegung der Daten zu Art und Umfang des Antibiotika-Verbrauchs in Krankenhäusern nach § 23 Abs. 4 Satz 2 IfSG". In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 56 (7), S. 903–912. DOI: 10.1007/s00103-013-1764-8.

Sehulster LM; Chinn RYW; Arduino MJ; Carpenter J; Donlan R; Ashford D et al. (2004; zuletzt aktualisiert am 2017): Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Hg. v. CDC. American Society for Healthcare

Engineering/American. Chicago. Online verfügbar unter <https://www.cdc.gov/infection-control/pdf/guidelines/environmental-guidelines.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2018.

Sexton, T.; Clarke, P.; O'Neill, E.; Dillane, T.; Humphreys, H. (2006): Environmental reservoirs of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in isolation rooms. Correlation with patient isolates and implications for hospital hygiene. In: *The Journal of hospital infection* 62 (2), S. 187–194. DOI: 10.1016/j.jhin.2005.07.017.

Sherburn, R. E.; Jenkins, R. O. (2005): Aerial release of bacteria from cot mattress materials and the sudden infant death syndrome. In: *Journal of applied microbiology* 98 (2), S. 293–298. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2004.02456.x.

Sherertz, R. J.; Sullivan, M. L. (1985): An outbreak of infections with *Acinetobacter calcoaceticus* in burn patients. Contamination of patients' mattresses. In: *The Journal of infectious diseases* 151 (2), S. 252–258.

Stuczen, M.; Bowling, F.L.; Edwards-Jones, V. (2011): Evaluation of the New Sigma-Transwab® for Maintaining Viability of Aerobic and Anaerobic bacteria. Manchester Metropolitan University. New Orleans (2159). Online verfügbar unter http://www.mwe.co.uk/modules/downloadable_files/assets/stuczen--bowling--edwards-jones-2011.pdf, zuletzt geprüft am 13.02.2018.

Suerbaum, Sebastian; Burchard, Gerd Dieter; Kaufmann, Stefan H. E.; Schulz, Thomas F. (Hg.) (2016): Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. 8. Aufl. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-48678-8>.

Thomas, S. (1998): Observations on mattress covers. Results of a pilot study. In: *Journal of tissue viability* 8 (1), S. 5–11.

Timischl, Werner (2013): Angewandte Statistik. Vienna: Springer Vienna.

van der Mee-Marquet, Nathalie; Girard, Sophie; Lagarrigue, François; Leroux, Isabelle; Voyer, Isabelle; Bloc, Daniel et al. (2006): Multiresistant *Enterobacter cloacae* outbreak in an intensive care unit associated with therapeutic beds. In: *Critical care (London, England)* 10 (1), S. 405. DOI: 10.1186/cc4835.

Vaqué, J.; Rosselló, J.; Arribas, J. L. (1999): Prevalence of nosocomial infections in Spain. EPINE study 1990-1997. EPINE Working Group. In: *The Journal of hospital infection* 43 Suppl, S105-11.

Verbund für Angewandte Hygiene e.V. (VAH) (Hg.) (2017): Desinfektionsmittel-Liste des VAH. Online verfügbar unter file:///C:/Users/Alex/Downloads/VAH_Pruefmethodik_2017_Online.pdf, zuletzt aktualisiert am 05.10.2017, zuletzt geprüft am 21.03.2018.

Verbund für Angewandte Hygiene e.V. (VAH) (Hg.) (2018): Desinfektionsmittel-Liste des VAH. Online verfügbar unter <https://vah-liste.mhp-verlag.de/index.php?id=1&L=0#erweiterte-suche>, zuletzt aktualisiert am 13.03.2018, zuletzt geprüft am 25.11.2019.

Viana, Roberta El Hariri; dos Santos, Simone G.; Oliveira, Adriana C. (2016): Recovery of resistant bacteria from mattresses of patients under contact precautions. In: *American journal of infection control* 44 (4), S. 465–469. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.10.027.

Vigil, Karen J.; Adachi, Javier A.; Aboufaycal, Halim; Hachem, Ray Y.; Reitzel, Ruth A.; Jiang, Ying et al. (2009): Multidrug-resistant *Escherichia coli* bacteremia in cancer patients. In: *American journal of infection control* 37 (9), S. 741–745. DOI: 10.1016/j.ajic.2009.02.002.

Vrijens, F.; Hulstaert, F.; Devriese, S.; van de Sande, S. (2012): Hospital-acquired infections in Belgian acute-care hospitals. An estimation of their global impact on mortality, length of stay and healthcare costs. In: *Epidemiology and infection* 140 (1), S. 126–136. DOI: 10.1017/S0950268811000100.

Warnke, Philipp; Frickmann, Hagen; Ottl, Peter; Podbielski, Andreas (2014): Nasal Screening for MRSA: Different Swabs – Different Results! In: *PloS one*, zuletzt geprüft am 12.02.2018.

Weiß, Christel (2013): Basiswissen Medizinische Statistik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Weist, Klaus; Pollege, Kathrin; Schulz, Ines; Rüden, Henning; Gastmeier, Petra (2002): How many nosocomial infections are associated with cross-transmission? A prospective cohort study in a surgical intensive care unit. In: *Infection control and hospital epidemiology* 23 (3), S. 127–132. DOI: 10.1086/502021.

Widerström, M.; Wiström, J.; Sjöstedt, A.; Monsen, T. (2012): Coagulase-negative staphylococci. Update on the molecular epidemiology and clinical presentation, with a focus on *Staphylococcus epidermidis* and *Staphylococcus saprophyticus*. In: *European journal of clinical microbiology & infectious diseases : official publication of the European Society of Clinical Microbiology* 31 (1), S. 7–20. DOI: 10.1007/s10096-011-1270-6.

Winkelmann, Claudia; Fleßa, Steffen; Kramer, Axel (2008): Wirtschaftlichkeitsanalyse der dezentralen Bettenaufbereitung im Vergleich zur zentralen Bettenaufbereitung und Schlussfolgerungen zur Optimierung in einem Krankenhaus der Maximalversorgung. In: *GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär* (Vol. 3(2)). Online verfügbar unter <https://www.egms.de/static/pdf/journals/dgkh/2008-3/dgkh000115.pdf>.

Wong, Holly; Grood, Jill de; Louie, Robyn; Ward, Linda; Pearce, Craig; Louie, Thomas (2015): Terminal Cleaning Comparison of a Medical Surface Repair Patch on Hospital Mattresses. In: *American journal of infection control* 43 (6), S64. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.04.158.

Yu, Monica; Cross, Karen; Petrich, Astrid; Fish, Joel (2016): Crib Mattress Investigation. A quality improvement study to assess mattress cover permeability and bacterial growth in crib mattresses. In: *American journal of infection control* 44 (7), S. 837–839. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.12.014.

7 Anhang

7.1 SOPs des Hygieneteams Marburg mit dem Thema Bettenaufbereitung

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Verfahrensanweisung Bettenaufbereitung	HY 2.30 Revision 0
--	--	------------------------------

1 Allgemeines

Die Aufbereitung von Patientenbetten und deren Zubehör stellt eine wichtige Maßnahme zur Prävention von Krankenhausinfektionen dar.

Zum Patientenbett gehören Bettgestell, Zusatzteile z.B. Bettgitter, evtl. vorhandene elektrische und elektronische Teile, Matratze, Kopfkissen, Bettdecke und Bettwäsche. Das Patientenbett ist ein unkritisches Medizinprodukt und unterliegt dem Medizinproduktegesetz. Bei der Aufbereitung sind die Vorgaben der Hersteller zu berücksichtigen.

Jeder Patient hat Anspruch auf ein desinfizierend aufbereitetes und mit frischer Wäsche bezogenes Bett, von dem keine Infektionsgefahr ausgeht. Zusätzlich erhält der Patient einen desinfizierend aufbereiteten Nachtschrank und bei Bedarf einen Schrank.

Die Aufbereitung von Betten und deren Zubehör erfolgt am UKGM, Standort Marburg, dezentral in den jeweiligen Bereichen im Zimmer. Betten und Nachttische verbleiben auf der Station. Für Patiententransporte der Normalstationen in den OP-Bereich stehen spezielle Transportliegen bereit, die nach Benutzung desinfizierend aufbereitet werden. Patiententransporte der Intensiv- und IMC-Stationen werden mit Patientenbett durchgeführt. Im Anschluss wird das Bett zurück ins Patientenzimmer gebracht und nach Bedarf aufbereitet.

Diese Verfahrensanweisung gilt nicht für die Aufbereitung von Inkubatoren und Wärmebetten.

2 Beschreibungen der Vorgehensweise

Bettenaufbereitung

Es findet eine manuelle Aufbereitung von Bettgestell, Matratzenoberfläche und evtl. montierten Zusatzteilen nach den Vorgaben der Arbeitsanweisung „Aufbereitung von Patientenbetten und Zubehör“ statt. Die Matratzen haben einen desinfizierbaren, flüssigkeits- und erregerdichten Überzug. Abstandsgewirke sind gemäß der Arbeitsanweisung „Aufbereitung von Patientenbetten und Zubehör“ der Aufbereitung zuzuführen. Während der Durchführung von pflegerischen, diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen im Zimmer findet keine Aufbereitung statt. Die Aufbereitung von Patientenbetten auf dem Flur ist nicht gestattet.

Die dezentrale Aufbereitung von Patientenbetten gliedert sich organisatorisch wie folgt:

2.1 Tägliche Aufbereitung ohne Patientenwechsel

Der Reinigungsdienst führt einmal täglich eine desinfizierende Reinigung der Kontaktflächen an Patientenbett und -nachttisch durch. Gemäß Desinfektionsplan werden sichtbare Kontaminationen durch pflegerische/ärztliche Mitarbeiter direkt entfernt.

2.2. Aufbereitung nach Patientenwechsel

In Mehrbettzimmern ist eine vorherige Rücksprache mit dem Pflegepersonal erforderlich.

Erstellt: 02.04.2014 Gez.: Becker/Lindner	Geprüft: 28.05.2014 Gez.: Birkenstock	Freigegeben: 24.07.2014 Gez.: Prof. Dr. Mutters
--	--	--

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Verfahrensanweisung Bettenaufbereitung	HY 2.30 Revision 0
--	--	------------------------------

Die Aufbereitung des Bettes erfolgt analog der Arbeitsanweisung „Manuelle Aufbereitung von Patientenbetten“. Im Anschluss wird das Bett mit sauberer Bettwäsche bezogen, mit einer Staubschutzfolie abgedeckt und als „rein“ gekennzeichnet.

2.3 Aufbereitung von Betten nach Nutzung durch Patienten mit besonderen Erregern – „infektiöse Betten“

Infektiöse Betten werden im Zimmer aufbereitet. Die Art der Aufbereitung erfolgt abhängig vom Erreger, meist werden Mittel und Verfahren nach RKI statt nach VAH angewendet. In Einzelfällen kann die Entsorgung der Matratze notwendig werden, da diese nicht sicher desinfizierbar ist.

Abstandsgewirke werden sicher verpackt und als infektiös gekennzeichnet der maschinellen Aufbereitung zugeführt.

2.4 Regelung der Aufbereitung durch externe Dienstleister

Spezielle Matratzen und Bettgestelle externer Dienstleister werden nach Benutzung abgedeckt und von Mitarbeitern des externen Dienstleisters abgeholt. Infektiöse Matratzen und Bettgestelle dürfen das Zimmer erst nach einer Desinfektion verlassen, es sei denn, es kann eine sichere Einhüllung vorgenommen werden.

2.5 Aufbereitung Kissen und Decken

Benutzte Kissen und Decken werden in den vorgesehenen Wäscheabwürfen entsorgt und von den verantwortlichen Mitarbeitern abgeholt. Sie werden mit einem zertifizierten Verfahren durch einen externen Dienstleister aufbereitet.

Die Lagerung von sauberen Kissen und Decken erfolgt feuchtigkeits- und staubgeschützt.

2.6 Aufbereitung von Bettwäsche

Benutzte Wäsche wird in den vorgesehenen Wäscheabwürfen entsorgt und von den verantwortlichen Mitarbeitern abgeholt. Die Patientenwäsche wird mit einem zertifizierten Verfahren durch einen externen Dienstleister aufbereitet.

Die Lagerung von sauberer Wäsche erfolgt feuchtigkeits- und staubgeschützt.

3 Lagerung

Patientenbetten werden mit einer Staubschutzfolie abgedeckt und verbleiben im Patientenzimmer.

4 Wartung

Als unkritisches Medizinprodukt unterliegen Betten dem Medizinproduktegesetz (MPG) und der Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV). Diese müssen unter Berücksichtigung der Herstellervorgaben sicherheitstechnisch geprüft und gewartet werden.

Erstellt: 02.04.2014	Geprüft: 28.05.2014	Freigabe: 24.07.2014
Gez.: Becker/Lindner	Gez.: Birkenstock	Gez.: Prof. Dr. Mutters

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Verfahrensanweisung Bettenaufbereitung	HY 2.30 Revision 0
--	--	------------------------------

5 Qualitätskontrolle

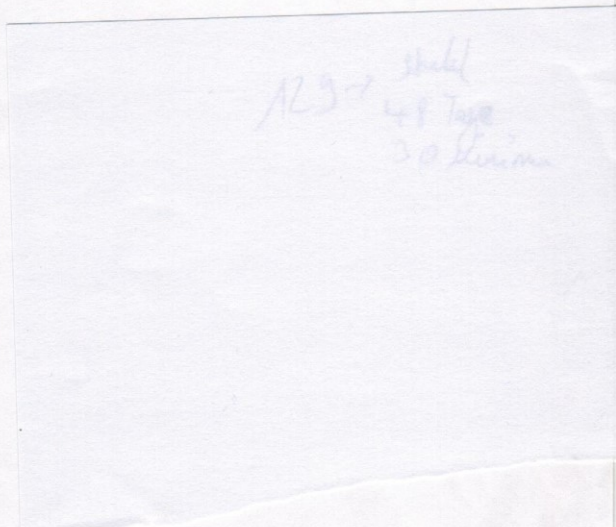
Es finden vierteljährlich stichprobenartig mikrobiologische Untersuchungen durch die Mitarbeiter der Krankenhaushygiene an aufbereiteten Patientenbetten statt.

6 Schulungen

Die Mitarbeiter des Reinigungsdienstes sind regelmäßig - mindestens einmal jährlich - zu schulen.

7 Mitgeltende Unterlagen

Medizinproduktegesetz (MPG)
Medizinproduktebetriebsverordnung (MPBetreibV)
AWMF „Hygienische Aufbereitung von Patientenbetten“
RKI-Empfehlungen
Arbeitsanweisung „Manuelle Aufbereitung von Patientenbetten und Zubehör“
Verfahrensanweisung „Flächendesinfektion bei speziellen Erkrankungen/Erregern“
Desinfektionsplan
Hygieneplan



Erstellt: 02.04.2014	Geprüft: 28.05.2014	Freigabe: 24.07.2014
Gez.: Becker/Lindner	Gez.: Birkenstock	Gez.: Prof. Dr. Mutters

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Arbeitsanweisung Aufbereitung von Patientenbetten und Zubehör	HY 2.31 Revision 0
--	---	------------------------------

1 Allgemeines

Die Aufbereitung von Patientenbetten findet im Patientenzimmer durch Mitarbeiter des Reinigungsdienstes statt. Das Pflegepersonal informiert den Reinigungsdienst über die Entlassung/Verlegung und kennzeichnet das benutzte Bett als „unrein“.

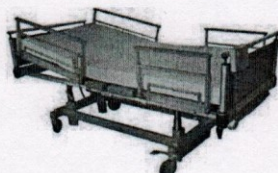
2 Prozessbeschreibung

Vor Aufbereitungsbeginn im Mehrbettzimmer muss das Pflegepersonal informiert werden. Während pflegerischer, medizinischer und therapeutischer Maßnahmen findet keine Aufbereitung statt. Besucher werden gebeten, das Zimmer vorübergehend zu verlassen.

Die Auswahl des Desinfektionsmittels, der Konzentration und der Einwirkzeit erfolgt nach der Verfahrensanweisung „Flächendesinfektion bei speziellen Erkrankungen/Erregern“.

Ablauf:

- Hygienische Händedesinfektion und Anlage der persönlichen Schutzausrüstung (Schutzkittel, Handschuhe, je nach Erreger/Erkrankung zusätzlich Mund-Nasen-Schutz, Kopfhaube)
- Das Bett in ergonomische Arbeitshöhe bringen
- Bettwäsche abziehen und in entsprechenden Wäscheabwurf entsorgen. Auf geringe Staubaufwirbelung achten
- Kissen und Decke in entsprechenden Wäscheabwurf entsorgen. Auf geringe Staubaufwirbelung achten
- Das gesamte Bett inklusive Zusatzteile (Triangel, Galgen, elektronische Steuerung, etc.) wird mit entsprechendem Desinfektionsmittel und Einmaltüchern desinfizierend gereinigt
- Bei Aufbereitung einer **Matratze mit Überzug**, wird diese von beiden Seiten wischdesinfiziert
- **Abstandsgewirke** werden dicht verschlossen und als „unrein“ abgegeben. Abstandsgewirke von Patienten mit speziellen Erregern/Erkrankungen sind zusätzlich als „infektiös“ zu kennzeichnen. Sie werden zur Aufbereitung in der zentralen Sammelstelle abgegeben
- Evtl. vorhandene Zusatzteile wie Bettgitter, Bettverlängerungen etc. werden im Zimmer desinfizierend aufbereitet
- Alle Flächen des Patientennachtschranks werden mit entsprechendem Desinfektionsmittel und Einmaltüchern wischdesinfiziert
- Rot markierte Flächen sind im Aufbereitungsprozess zu berücksichtigen



Quelle: AWMF-Leitlinie Hygienische Aufbereitung von Patientenbetten

Erstellt: 21.05.2014 Gez.: Becker	Geprüft: 22.05.2014 Gez.: Lindner/Birkenstock	Freigabe: 29.8.2014 Gez.: Prof. Dr. Mutters
--------------------------------------	--	--

Seite 1 von 2

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Arbeitsanweisung Aufbereitung von Patientenbetten und Zubehör	HY 2.31 Revision 0
--	--	------------------------------

- Ablegen der persönlichen Schutzausrüstung und Durchführung einer hygienischen Händedesinfektion
- Das Bett frisch beziehen und mit einer Staubschutzfolie abdecken
- Bett und Nachttisch als „rein“ kennzeichnen

3 Mitgeltende Unterlagen

Verfahrensweisung „Bettenaufbereitung“
 Verfahrensweisung „Flächendesinfektion bei speziellen Erkrankungen/Erregern“
 Medizinproduktegesetz (MPG)
 Medizinproduktebetriebsverordnung (MPBetreibV)
 AWMF „Hygienische Aufbereitung von Patientenbetten“
 RKI-Empfehlungen
 Desinfektionsplan
 Hygieneplan
 Sortierplan-Schmutzwäsche Firma Berendsen

Erstellt: 21.05.2014	Geprüft: 22.05.2014	Freigabe: 29.8.2014
Gez.: Becker	Gez.: Lindner/Birkenstock	Gez.: Prof. Dr. Mutters

Seite 2 von 2

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Verfahrensanweisung Flächendesinfektion bei speziellen Erkrankungen/ Erregern	HY 2.21 Revision 16
--	---	------------------------

Bei den aufgeführten Erkrankungen/Erregern ist der Reinigungsdienst **unverzüglich** zu informieren. Die Regelungen der Verfahrensanweisungen und Einträge im Infektionshandbuch sind umzusetzen.

Erkrankungen/ Erreger	Laufende Desinfektion	Nach Entlassung 1h Einwirken (Desinfektor)	Schlussdesinfektion (Desinfektor) - Einwirkzeit 4 Std.
AIDS/HIV	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Aspergillose	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Bacillus cereus	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Bocavirus	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
BK-, JC- und KI- Polyomaviren	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Botulismus	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Cholera/Vibrionen	Perform 1 %	J.	Perform 3 %
Candidiasis	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Clos. difficile*	Perform 1%	Perform 1%	J.
Clos. perfringens*	Perform 1%	Perform 1%	J.
CJK/vCJK**	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
CMV (Cytomegalie)	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Diphtherie	Perform 1 %	J.	Perform 3 %
EHEC/HUS	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
ESBL	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Flöhe	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Gastroenteritis Bakterielle Erreger	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Gastroenteritis Unbekannter Erreger*	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Gastroenteritis Virale Erreger*	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Gasbrand	Perform 1 %	J.	Perform 3 %
Gonorrhö	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Hand-Mund-Fuß Krankheit	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
HEAE-Patienten (Flüchtlinge)	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Hepatitis A, E	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Hepatitis B, C, D	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Herpes simplex	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Herpes zoster	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.
Influenza (inkl. H1N1, H5N1)	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Keratokonjunktivitis epidemic*	Perform 1 %	Perform 1 %	J.
Keuchhusten	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	J.

Erstellt: 11.01.2012	Geprüft/Bearbeitet: 13.11.2015	Freigabe: 13.11.2015
Gez. Schmerberg, Wiegand, Elmshäuser, Weiß	Gez.: Hygieneteam	Gez.: Prof. Dr. R. Mutters

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Verfahrensanweisung Flächendesinfektion bei speziellen Erkrankungen/ Erregern	HY 2.21 Revision 16
--	---	------------------------

Erkrankungen/ Erreger	Laufende Desinfektion	Nach Entlassung <i>2x</i>	Schlussdesinfektion (Desinfektor) Einwirkzeit 4 Std.
Krätze	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Läuse	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Legionellose	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Malaria	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Masern	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Meningokokken- Meningitis	Perform 1%	/.	Perform 3%
Meningitis (Erreger unbekannt)	Perform 1%	/.	Perform 3%
Meningitis (bakteriell)	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Meningitis (viral)	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Microsporidien/ Kryptosporidien	Perform 1%	Perform 1%	/.
Milzbrand*	Perform 3%	/.	Perform 3%
Mononukleose	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
MRE	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
2MRGN NeoPäd	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
3MRGN	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
4MRGN*	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
MRSA	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Mumps	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Orthopocken	Perform 1%	/.	Perform 3%
Parainfluenza	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Pest	Perform 1%	/.	Perform 3%
Pneumocystis jirovecii	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Poliomyelitis	Perform 2%	/.	Perform 3%
Q-Fieber	Perform 1%	/.	Perform 3%
Q-Fieber in der Gynäkologie	Perform 2%		Perform 3%
Röteln	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
RSV/HMPV	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Salmonellose	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
SARS/MERS	Perform 1 %	Perform 1 %	/.
Scharlach	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Syphilis (Lues)	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.
Tetanus	Perform 1 %	Perform 1 %	/.
Tollwut	Perform 1%		Perform 3%
Tuberkulose*	Perform 1%	/.	Perform 3%
Typhus/Paratyphus (<i>Salmonella</i> spp.)	Perform 1%	/.	Perform 3%
Ulcus molle (Weicher Schanker)	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	/.

Erstellt: 11.01.2012	Geprüft/Bearbeitet: 13.11.2015	Freigabe: 13.11.2015
Gez. Schmerberg, Wiegand, Elmshäuser, Weiß	Gez.: Hygieneteam	Gez.: Prof. Dr. R. Mutters

UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH STANDORT MARBURG KRANKENHAUSHYGIENE	Verfahrensanweisung Flächendesinfektion bei speziellen Erkrankungen/ Erregern	HY 2.21 Revision 16
--	---	-------------------------------

Erkrankungen/ Erreger	Laufende Desinfektion	Nach Entlassung	Schlussdesinfektion (Desinfektor) Einwirkzeit 4 Std.
Viral bedingtes hämorrhagisches Fieber (Ebola)	Perform 3%	<i>.l.</i>	Perform 3%
VRE	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	<i>.l.</i>
Windpocken	Terralin protect 0,5%	Terralin protect 0,5%	<i>.l.</i>
Würmer	Perform 1%	Perform 1%	<i>.l.</i>

- * Laufende Desinfektion 2x täglich durchführen
(4MRGN nur bei *Acinetobacter*-, *Serratia*- oder *Klebsiella*-Nachweis, nicht bei *Pseudomonas aeruginosa*)

Bei allen Erkrankungen und Erregern, die eine 2x tägliche Reinigung oder einen Desinfektoreinsatz erfordern, sind nach Entlassung/Schlussdesinfektion angebrochene Gebinde Händedesinfektionsmittel und Waschlotion zu entsorgen.

- ** Kontaminierte Flächen durch potentiell infektiöses Material bei Verdacht/Nachweis einer CJK/vCJK gezielte Wischdesinfektion mit 1-2 M NaOH mit einer Einwirkzeit von einer Stunde durchführen

Info:

- Bei der laufenden Desinfektion und nach Entlassung können die Räume und Flächen nach Abtrocknen (ca. 30 Min.) wieder benutzt werden.
- Bei Medizinprodukten, die am Patienten zum Einsatz kommen, muss die erforderliche Einwirkzeit eingehalten werden.
- Bei der Schlussdesinfektion durch den Desinfektor ist die Einwirkzeit von 4 Stunden konsequent einzuhalten!

Dosier-Ansatz Perform:

1% = 4 Liter Leitungswasser + 1 Packung Perform (40g)
2% = 4 Liter Leitungswasser + 2 Packungen Perform (80g)
3% = 4 Liter Leitungswasser + 3 Packungen Perform (120g)

Bei der Herstellung zuerst kaltes Wasser in den Eimer geben, dann Perform hinzufügen.

Die Krankenhaushygiene behält sich vor, in Einzelfällen abweichende Regelungen zu treffen.

Erstellt: 11.01.2012	Geprüft/Bearbeitet: 13.11.2015	Freigabe: 13.11.2015
Gez. Schmerberg, Wiegand, Elmshäuser, Weiß	Gez. Hygieneteam	Gez. Prof. Dr. R. Mutters

7.2 Den Ergebnissen zu Grunde liegende Datentabellen

7.2.1 Untersuchung 1

Station	Proben Nr	Vermerk	Liege- tage	KBE	Spezies
St. 235	1	04.03.2014	4	15	STKO, Coryne sp
	2		12	2	Milu, STKO, Coryne sp
	3		25	3	STKO, Milu
	4	Matr.mit Stoffbezug	5	10	w! STKO, Enterococcus faecium
	5	Matr.mit Stoffbezug	8	4	STKO, Milu
	6-1	Stoff-Auflage	20	65	w! STKO, Enterococcus faecium, Enterococcus sp, Coryne sp, Coryne jjeikeium, Coryne tuberculostearicum, Stau
	6-2	Matratze	20	0	-
	7		8	100	w! Enterococcus faecium
	8		6	18	STKO, Coryne sp
	9		13	1	STKO
	10		9	4	STKO
	11		1	28	np Milu, Coryne sp,
	12		4	2	STKO
	13		1	8	STKO
	14		3	40	w! STKO, Enterococcus faecium
	15		13	2	STKO
	16		5	5	w! STKO, Milu, Stau
	17		5	3	w! STKO, Stau
	18		1	0	-
	19		14	24	STKO, Coryne sp
	20		2	2	STKO, Str.vergr., Coryne sp, Paenibacillus pabuli, Streptococcus pneumoniae
	21		8	4	STKO, Coryne sp, Bacillus sp
	22		2	0	-
	23		7	15	STKO, Enterococcus sp, Bacillus licheniformis
	24		1	0	-
	25	Matr.mit Stoffbezug	2	5	STKO, Enterococcus sp
	26		5	43	STKO, Milu
	27	Matr.mit Stoffbezug	7	0	-
	28		20	21	STKO, Bacillus flexus
St. 237A	29		9	2	Bacillus subtilis
	30		2	29	STKO, Milu, Coryne sp
	31		5	2	STKO
	32		1	32	Milu, STKO, Bacillus pumilus
	33		9	2	Bacillus sp, Milu, STKO
	34		3	0	-
	35		4	0	-
	36		1	0	-
	37		1	5	STKO, Bacillus sp
	38		3	20	STKO, Milu
	39	Matr.mit Stoffbezug	2	0	-
	40		3	0	-
	41		13	1	np Coryne sp
St. 223	42	Matr.mit Stoffbezug	3	9	STKO, Coryne sp
	43		6	0	STKO
	44		2	0	-
	45		3	8	STKO, Milu, Bacillus sp
	46		1	3	STKO, Coryne sp
	47		1	1	np Coryne sp
	48		4	22	STKO, Bacillus sp, Milu
	49	Matr.mit Stoffbezug	5	52	Milu, STKO, Bacillus sp,
	50		7	8	Milu, STKO
	51		3	400	STKO
	52		1	0	-
	53		2	4	np Milu, Roseomonas mucosa
	54		1	6	w! STKO, Milu, Enterococcus faecalis
	55		4	30	Bacillus cereus, STKO, Milu
St. 123	57	Latexbezug	7	65	STKO, Milu, Coryne sp
	58	Stoff-Auflage	4	400	STKO, Milu, Coryne sp, Bacillus sp
	61	Latexbezug	4	0	-
	69	Latexbezug	13	2	STKO
	70	Stoffbezug	9	9	Milu, STKO
	71	Stoffbezug	15	22	STKO, Milu, Coryne sp
	76		3	100	w! STKO, Milu, Bacillus sp, Acinetobacter lwoffii (4MRGN)

Station	Proben Nr	Vermerk	Liege- tage	KBE		Spezies
St. 142	79	14.03.2014	2	0		STKO
	80		2	1	np	Corynebacterium urealyticum
	81	Stoffbezug	2	0		-
	82		6	6		STKO, Milu, Bacillus sp
	83		4	3		STKO
	84		2	0		-
	85		2	0		-
	86		3	0		STKO
	87		3	3		Bacillus sp, STKO
	88		2	2	np	Milu
	89		1	0		-
	90		2	0		STKO
	91		5	3		Milu, STKO
	92		3	0		-
	93		5	0		-
	94		5	1	np	Milu
	95		3	12	np	Bacillus sp
	96		5	5		STKO
	97		3	0		-
	98		3	1		STKO
	99		3	6	np	Milu
St. 225	100		1	1		STKO
	101		8	11		STKO
	102		13	4	w!	STKO, Enterococcus faecium
	103		4	9		STKO
	104		6	6		STKO
	105		8	8		STKO, Milu, Enterococcus sp
	106		7	42		STKO, Milu, Bacillus sp, Coryne sp
	107		10	5		STKO, Enterococcus sp
	108		1	1		STKO
	109		2	0		-
	110		1	7		STKO, Milu
	111		1	11		STKO, Milu, Bacillus sp
	112		4	0		-
St.225 Orth.	113		7	7	w!	Milu, Enterococcus sp, STAU
	114		3	9		Milu, STKO
	115		5	1		Bacillus sp
	116		6	70	np	STKO, Bacillus sp, Enterococcus sp, Corynebacterium tuberculoostearicum
	117		1	2		STKO, Burkholderia andropogonis
	118		1	20	w!	Milu, STKO, STAU;
	119	Stoffbezug	15	4		STKO, Bacillus sp
	120		6	5		STKO
	121		6	0		-
Anti- Dekubitus	122	Therakair-visio, Schlauch an der Matratze, Abstrich		0		
	123	Abklatsch Lufttasche Matratze		0		
	124	Pumpe Therakair-visio SerienNr.400945, Ausgang-Abklatsch		1		Bacillus sp, Staphylococcus pasteuri
	125	Matratzenauflage		0		
	126	Matratzenauflage		0		
	127	Pumpe SerienNr.400366, Ausgang- Abklatsch		3		STKO, Bacillus licheniformis
	128	Matratzenauflage		0		
	129	Matratzeoberfläche		0		
	130	Lufttasche Matratze		0		
	131	Matratzenauflage(RIK Fluid overlay)		0		Sphingomonas aerolata,Tupfer

Station	Proben Nr	Vermerk	Liege- tage	KBE	Spezies	Oberfl. Schaumstoff	KBE	Spezies
St.221 Neuro.	132-1	Latexbezug (Erste Probe Bezug)	3	50	STKO, Milu, Coryne sp, Pantoea agglomerans, Bacillus sp		132-2	4 STKO
	133-1	Latexbezug	5	45	STKO, Milu, Coryne sp		133-2	600 STKO, Milu, Bacillus sp
	134-1	Latexbezug	6	12	STKO, Coryne sp, Bacillus sp		134-2	2 STKO
	135-1	Latexbezug	4	40 w!	STKO, Coryne sp, Milu, Acinetobacter radioresistens		135-2	0 -
	136-1	Latexbezug	4	33 w!	STKO, Milu, Coryne sp, Acinetobacter radioresistens		136-2	0 -
	137-1	Latexbezug	10	13	STKO, Milu		137-2	2 STKO
	138-1	Latexbezug	13	1	STKO, Milu		138-2	0 -
	139-1	Latexbezug	4	7	STKO	np	139-2	1 Coryne sp
	140-1	Latexbezug	11	24	STKO, Coryne sp, Milu		140-2	3 Milu, STKO
St.221 Neuro.	141-1	Latexbezug	4	180	STKO, Milu, Coryne sp, STAU, Bacillus sp, Enterococcus sp, Paracoccus yeei		141-2	500 STKO, Milu, Coryne sp, STAU
	142-1	Latexbezug	5	250 w!	STKO, Coryne sp, Milu, Bacillus cereus	w!	142-2	17 STKO, Milu, Bacillus cereus
	143-1	Latexbezug	5	14	STKO, Milu, Coryne sp, Bacillus sp		143-2	0 -
	144-1	Latexbezug	7	36	STKO, Milu		144-2	0 -
	145-1	Latexbezug	7	120	STKO, Bacillus sp		145-2	0 -
	146-1	Latexbezug	6	54	STKO, Milu		146-2	1 STKO
	147-1	Latexbezug	6	50	STKO, Milu, Enterococcus sp, Bacillus cereus		147-2	4 Milu, STKO
	148-1	Latexbezug	14	8 w!	STKO, Milu, Coryne sp, STAU,	w!	148-2	4 STKO, Milu, STAU
	149-1	Latexbezug	7	1	STKO		149-2	5 STKO, Milu
	150-1	Latexbezug	6	13	STKO, Milu, Bacillus sp, Coryne sp		150-2	0 -
	151-1	Latexbezug	6	33	STKO, Milu, Coryne sp, Enterococcus sp, Bacillus sp		151-2	0 -
	152-1	Latexbezug	7	0	STKO		152-2	2 Milu, STKO
	153-1	Latexbezug	7	14	STKO, Coryne sp		153-2	1 STKO
	154-1	Latexbezug	6	3	Bacillus sp, STKO		154-2	2 STKO, Bacillus sp
	155-1	Latexbezug	12	200	STKO		155-2	1 Bacillus cereus
St.131 Kardio	156-1	Latexbezug	13	400	STKO, Bacillus sp		156-2	46 Coryne sp, STKO
	157-1	Latexbezug	4	50	STKO, Milu, Enterococcus sp, Bacillus sp		157-2	0 -
	158-1	Latexbezug	7	180	Pseudom.oryzihabitan s, Bacillus sp, STKO, Enterococcus sp		158-2	0 -
	159-1	Latexbezug	13	80	STKO, Coryne sp, Bacillus sp		159-2	0 -
	160-1	Latexbezug	6	15	STKO, Milu, Coryne sp	np	160-2	2 Milu
	161-1	Dekubitus matr.	52	9	STKO		161-2	4 STKO
	162-1	Latexbezug	6	60	STKO		162-2	0 STKO
	163-1	Latexbezug	8	17	STKO, Bacillus sp, Enterococcus sp, Milu		163-2	1 STKO
	164-1	Latexbezug	10	14	STKO		164-2	0 -
	165-1	Latexbezug	8	300	Bacillus sp, Milu, Enterococcus sp, STKO	np	165-2	4 Milu
	166-1	Latexbezug	10	180 w!	STKO, MRSA		166-2	0 -
	167-1	Latexbezug	6	200	STKO, Milu, Bacillus sp		167-2	0 -
St.31 Urolog.	168-1	Latexbezug	6	17	STKO, Coryne sp, Enterococcus sp	np	168-2	1 Milu
St.225 Orth.	169-1	Latexbezug	5	60	STKO, Coryne sp, Milu		169-2	4 STKO
St.31 Urolog.	170-1	Latexbezug	10	120	STKO, Coryne sp		170-2	0 -
	171-1	Latexbezug	18	50	STKO, Bacillus sp, Coryne sp, Milu		171-2	0 -
	172-1	Latexbezug	18	8	STKO	np	172-2	1 Milu
	173-1	Latexbezug	18	60	STKO		173-2	0 -
	174-1	Latexbezug	79	2	STKO		174-2	0 -
	175-1	Stoffbezug	15	300	STKO		175-2	300 STKO

Station	Proben Nr	Vermerk	Liege- tage	KBE	Spezies	Oberfl. Schaumstoff	KBE	Spezies
St.135 N.Chir.	176-1	Latexbezug	8	27	STKO, Milu, Bacillus sp	176-2	1	STKO
	177-1	Latexbezug	6	10	STKO, Milu, Coryne sp	177-2	0	-
	178-1	Stoffbezug	7	900	Milu, STKO, Bacillus sp	178-2	800	Bacillus sp, STKO, Milu, Enterococcus sp
	179-1	Latexbezug	6	24	STKO, Bacillus sp, Milu	179-2	0	-
	180-1	Latexbezug	6	9	STKO, Coryne sp	180-2	0	-
	181-1	Latexbezug	17	60	STKO, Bacillus sp, Enterococcus sp,	181-2	0	-
St.225 Orth.	182-1	Latexbezug	6	9	STKO	182-2	0	-
	183-1	Latexbezug	6	80	STKO, Milu	183-2	0	-
	184-1	Latexbezug	8	15 w!	STKO, STAU, Enterococcus sp	184-2	0	-
	185-1	Latexbezug	6	4	STKO, Milu	np 185-2	1	Bacillus sp
	186-1	Latexbezug	8	150	STKO, Coryne sp, Enterococcus sp	np 186-2	1	Bacillus sp
St.139 Urol/Ps	187-1	Latexbezug	69	200	Milu, STKO, Coryne sp, Bacillus sp	187-2	3	Milu, STKO
	188-1	Latexbezug	28	500	STKO, Escherichia vulneris	188-2	3	STKO
	189-1	Latexbezug	36	8	STKO	189-2	0	-
	190-1	Latexbezug	26	400	STKO, Bacillus sp, Muko sp	w! 190-2	7	STKO, STAU
	191-1	Latexbezug	76	80	STKO, Milu	191-2	3	STKO
	192-1	Latexbezug	27	64	STKO	192-2	0	-
	193-1	Latexbezug	26	7	STKO, Bacillus sp	193-2	0	-
	194-1	Latexbezug	20	3	STKO	np 194-2	1	Milu
	195-1	Latexbezug	13	120	STKO, Milu, Bacillus sp	195-2	4	Milu, STKO
	196-1	Latexbezug	34	600	Enterobacter amnigenus, STKO, Milu	196-2	5	STKO, Milu
St.139	197-1	Latexbezug	63	500	STKO, Bacillus sp	197-2	30	Milu, STKO
	198-1	Latexbezug	70	400	STKO, Milu, Bacillus sp	198-2	14	STKO
	199-1	Latexbezug	33	15	STKO, Bacillus sp	199-2	0	-
	200-1	Latexbezug	20	500	STKO	200-2	12	STKO
	201-1	Latexbezug	56	400	STKO	201-2	4	Milu, STKO
	202-1	Latexbezug	22	5	STKO, Milu, Bacillus sp	202-2	0	-
	203-1	Latexbezug	26	45	STKO, Bacillus sp	203-2	1	STKO
	204-1	Latexbezug	8	500	STKO, Milu, Bacillus sp	204-2	16	Milu, STKO
St. 231	205-1	Latexbezug	14	8	STKO, Milu, Bacillus sp	205-2	6	Bacillus sp, Milu
	206-1	Latexbezug	12	30	STKO, Milu	np 206-2	26	STKO, Bacillus sp, Streptococcus sp
	207-1	Latexbezug	8	130	STKO, Bacillus sp, Coryne sp	207-2	0	-
	208-1	Latexbezug	19	16	STKO, Coryne sp	208-2	0	-
	209-1	Stoffbezug	14	36	STKO, Coryne sp	209-2	70	STKO, Milu
	210-1	Dekubitus matr.	5	8	STKO, Milu	210-2	-	-
	211-1	Latexbezug	11	500	STKO, Milu, Coryne sp, Bacillus sp	211-2	3	STKO, Milu, Coryne sp
	212-1	Latexbezug	7	150	STKO, Coryne sp	np 212-2	2	Milu, Bacillus sp
St. 237	213-1	Latexbezug	20	30	STKO, Coryne sp	213-2	0	-
	214-1	Latexbezug	23	7	STKO, Coryne sp, Bacillus sp	214-2	0	-
	215-1	Latexbezug	5	10	STKO, Bacillus sp, Coryne sp	215-2	2	STKO
	216-1	Latexbezug	13	20	Bacillus sp, Enterococcus sp, Coryne sp, Milu, STKO	216-2	2	STKO
	217-1	Latexbezug	10	32	STKO, Milu, Coryne sp	217-2	0	-
	218-1	Latexbezug	7	70	STKO, Milu, Coryne sp	np 218-2	1	Milu
	219-1	Latexbezug	7	17	STKO, Milu	219-2	0	-
	220-1	Latexbezug	6	50	STKO, Milu, Bacillus sp	220-2	10	STKO
	221-1	Latexbezug	30	18	STKO, Milu, Bacillus sp	221-2	0	-
	222-1	Latexbezug	8	400	STKO	222-2	1	STKO
	223-1	Latexbezug	10	120	STKO, Milu, Bacillus sp	223-2	150	STKO
	224-1	Latexbezug	13	12	STKO, Milu, Bacillus sp	np 224-2	2	Bacillus sp
	225-1	Latexbezug	16	40	STKO, Milu, Str. vergrü., Coryne sp	225-2	0	-
	226-1	Latexbezug	9	60	STKO	226-2	60	STKO
	227-1	Latexbezug	13	80	STKO	227-2	1	STKO

w! Problemkeime
np nicht-humanpathogen

7.2.2 Untersuchung 2

ProbenNr	Station	Keime auf Matratze AUF Encasing	Keime auf Matratze UNTER Encasing	Matratzenart	Offensichtliche Beschädigung	Offensichtliche Verschmutzung Kern	Datum
1	125	np Corynebacterium sp.	Keimfrei	Grün, unten seitlich	nein	nein	13.01.16
2	125	STKO	Keimfrei	gelb, seitlich	nein	nein	13.01.16
3	125	np Bacillus sp.					
4	231	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.01.16
5	231	Enterokokkus sp.					
6	231	Bacillus cereus	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	20.02.16
7	231	STKO	STKO	AGW Matratze ohne AGW	nein	nein	20.02.16
8	231	np Stenotrophomonas sp.	STKO	Gefatex 7300	nein	nein	20.02.16
9	231	STKO	Corynebacterium sp.	AGW Matratze ohne AGW	nein	ja	20.02.16
10	233	Keimfrei	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	20.02.16
11	233	np Pseudomonas luteola					
12	233	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	ja	20.02.16
13	233	STKO					
14	233	STKO					
15	233	STKO					
16	233	STKO					
17	233	STKO					
18	233	STKO					
19	233	STKO					
20	233	STKO					
21	233	STKO					
22	233	STKO					
23	233	STKO					
24	233	STKO					
25	233	STKO					
26	233	STKO					
27	233	STKO					
28	233	STKO					
29	233	STKO					
30	233	STKO					
31	233	STKO					
32	233	STKO					
33	233	STKO					
34	233	STKO					
35	233	STKO					
36	233	STKO					
37	233	STKO					
38	233	STKO					
39	233	STKO					
40	233	STKO					
41	233	STKO					
42	233	STKO					
43	233	STKO					
44	233	STKO					
45	233	STKO					
46	233	STKO					
47	233	STKO					
48	233	STKO					
49	233	STKO					
50	233	STKO					
51	233	STKO					
52	233	STKO					
53	233	STKO					
54	233	STKO					
55	233	STKO					
56	233	STKO					
57	233	STKO					
58	233	STKO					
59	233	STKO					
60	233	STKO					

ProbenNr	Station	Keime auf Matratze AUF Encasing	Keime auf Matratze UNTER Encasing	Matratzenart	Offensichtliche Beschädigung	Offensichtliche Verschmutzung Kern	Datum
61	MKZ BA	STKO	np Micrococcus luteus	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
		vergrünende Streptokokken					
62	MKZ BA	STKO	np Corynebacterium sp.	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
63	MKZ BA	Bacillus cereus	STKO	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
64	MKZ BA	STKO	np Micrococcus luteus	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
65	MKZ BA	Bacillus cereus	Keimfrei	grün, RV Seite	nein	ja	05.09.16
66	MKZ BA	STKO	STKO	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
		vergrünende Streptokokken					
		Bacillus sp.					
67	MKZ BA	Corynebacterium sp.	np Corynebacterium sp.	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
		STKO					
68	ABA BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	ja	05.09.16
		vergrünende Streptokokken					
69	ABA BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	05.09.16
70	ABA BA	Micrococcus luteus	Keimfrei	AGW Matratze ohne AGW	ja	nein	11.11.16
		Acinetobacter townei					
		Enterokokkus sp.					
71	ABA BA	STKO	Keimfrei	AGW Matratze ohne AGW	ja	nein	11.11.16
		Enterokokkus sp.					
72	ABA BA	STKO	STKO	AGW Matratze ohne AGW	nein	nein	11.11.16
73	MKZ BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	11.11.16
74	MKZ BA	np Micrococcus luteus	STKO	Gefatex 7300	ja	nein	11.11.16
75	MKZ BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	11.11.16
		Pseudomonas luteola					
		Bacillus pumilus					
		Pantoea agglomerans					
76	MKZ BA	STKO	STKO	Gefatex 7300	nein	nein	11.11.16
77	MKZ BA	Bacillus sp.	np Bacillus sp.	Gefatex 7300	nein	nein	11.11.16
		STKO					
78	ABA BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
79	ABA BA	np Corynebacterium sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
80	MKZ BA	vergrünende Streptokokken	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
		STKO					
		Micrococcus luteus					
81	MKZ BA	np Bacillus sp.	np Streptococcus sp.	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
82	MKZ BA	np Bacillus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
83	MKZ BA	np Bacillus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
84	MKZ BA	np Bacillus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	12.11.16
85	MKZ BA	Bacillus cereus	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	12.11.16
86	MKZ BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.11.16
87	MKZ BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	13.11.16
		Bacillus sp.					
88	MKZ BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.11.16
89	MKZ BA	np Micrococcus luteus	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.11.16
90	MKZ BA	Bacillus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	13.11.16
		STKO					
91	ZBA	Arthrobacter polychromogenes	np Streptokokken der Gruppe C	Gefatex 7300	nein	nein	17.11.16
		STKO					
		Pectobacterium cypripedii					
92	ABA BA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	ja	17.11.16
		Micrococcus luteus					
93	ABA BA	Enterokokkus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	ja	17.11.16
		STKO					
94	ZBA	w! Pseudomonas aeruginosa	Keimfrei	AGW Matratze ohne AGW	nein	nein	17.11.16
95	ABA BA	STKO	np Corynebacterium sp.	Gefatex 7300	nein	nein	17.11.16
96	ABA BA	np Corynebacterium sp.	np Micrococcus luteus	Gefatex 7300	nein	nein	17.11.16
97	ABA BA	np Corynebacterium sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	17.11.16
98	ABA BA	STKO	np Micrococcus luteus	Gefatex 7300	nein	nein	17.11.16
99	MKZ BA	Bacillus cereus	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	17.11.16
		STKO					
100	ZBA	Enterokokkus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	15.12.16
	w!	Acinetobacter lwoffii					
	w!	Pseudomonas putida					
101	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein (sehr alte Matratze)	nein	15.12.16
102	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	ja	15.12.16
		Micrococcus luteus					
		Bacillus sp.					
		Pseudomonas sp.					
103	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	15.12.16
		Pseudomonas stutzeri					
104	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	15.12.16
		Enterokokkus sp.					
105	ZBA	STKO	np Micrococcus luteus	Gefatex 7300	nein	nein	15.12.16
106	ZBA	np Bacillus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	nein (sehr alte Matratze)	nein	15.12.16
107	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	15.12.16
108	ZBA	STKO	Bacillus sp.	Gefatex 7300	nein	nein	15.12.16
		STKO					
129	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	ja	13.01.17
130	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	13.01.17
131	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.01.17
132	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.01.17
		Corynebacterium sp.					
		Micrococcus luteus					
133	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	ja	13.01.17
134	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	13.01.17
135	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.01.17
		Enterokokkus sp.					
		Corynebacterium sp.					
136	ZBA	np Bacillus sp.	Keimfrei	Gefatex 7300	ja	nein	13.01.17
137	ZBA	STKO	Keimfrei	Gefatex 7300	nein	nein	13.01.17
		Micrococcus luteus					
138	ZBA	STKO	np Bacillus sp.	AGW Matratze ohne AGW	-	-	30.01.17

w! Problemkeime
np nicht-humanpathogen

7.2.3 Untersuchung 3

ProbenNr	Besonderheiten	Keime	Art	Datum
109		STKO	AGW	19.12.16
110		np Vergrünende Streptokokken	AGW	19.12.16
111		STKO	AGW	19.12.16
112		STKO	AGW	19.12.16
113		STKO	AGW	19.12.16
114		STKO	AGW	19.12.16
		Corynebacterium sp.		
115		np Vergrünende Streptokokken	AGW	19.12.16
116		STKO	AGW	19.12.16
117		STKO	AGW	19.12.16
118		STKO	AGW	19.12.16
119		STKO	AGW	19.12.16
120		STKO	AGW	19.12.16
121		STKO	AGW	02.01.17
		Bacillus sp.		
122		Keimfrei	AGW	02.01.17
123		STKO	AGW	02.01.17
124		Keimfrei	AGW	02.01.17
125		Keimfrei	AGW	02.01.17
126		Keimfrei	AGW	02.01.17
127		Keimfrei	AGW	02.01.17
128		Keimfrei	AGW	02.01.17
139		Keimfrei	AGW	30.01.17
140		Keimfrei	AGW	30.01.17
141		np Micrococcus luteus	AGW	30.01.17
142		Keimfrei	AGW	30.01.17
143		STKO	AGW	30.01.17
144		STKO	AGW	30.01.17
145		Keimfrei	AGW	30.01.17
146		w! Pseudomonas aeruginosa	AGW	30.01.17
		STKO	AGW	30.01.17
147		Keimfrei	AGW	30.01.17
148	Bei Probe 42 mit abgenommen	np Bacillus sp.	AGW	08.08.16
149	Bei Probe 44 mit abgenommen	STKO	AGW	08.08.16
		Pseudomonas oryzihabitans		

w! Problemkeime
 np nicht-humanpathogen

7.2.4 Untersuchung 4

ProbenNr	Liegezeit (Tage)	Keime Patient	Keime AUF Matratze vor Desinfektion	Keime UNTER Matratze vor Desinfektion	Keime AUF Matratze nach Desinfektion	Keime UNTER Matratze nach Desinfektion	Datum Probennahme	Matratzenart	Vorbekannter Keim auf Bezug vor Desinfektion nachweisbar?	Vorbekannter Keim auf Bezug nach Desinfektion nachweisbar?
+	49	nicht-berticksichtigt					09.11.15	ausgetragene da- Linsimmigkeiten-im- Ablauf		
2		nicht-berticksichtigt					-	ausgetragene-kein- Neutralisierer-benutzt		
3	33	VRE im Stuhl, MRGN nicht näher klassifiziert	STKO	negativ	Corynebacterium tuberculoearicum	negativ	VD: 30.11.15 ND: 01.12.15	Gefatex 7300	nein	nein
4	9	MRSA Nase	MRSA	negativ	STKO	negativ	01.12.15	Gefatex 7300	ja	nein
			STKO							
			Acinetobacter hwoffii							
5	25	ESBL Abdomen	STKO	negativ	STKO	negativ	10.12.15	blau, seitlich RV, bis 160kg	nein	nein
6	8	MRSA Nase	MRSA	Micrococcus luteus	sphingomonas paucimobilis	negativ	10.12.15	schwarz	ja	nein
			Bacillus circulans	STKO	corynebacterium tuberculoearicum					
			(Lactobacillus nagelii), nicht eindeutige Kennzahl							
7	18	ESBL Rachen	STKO	negativ	Micrococcus luteus	negativ	VD 13.01.2016 / ND: 14.01.2016	Kinderbett, gelb, RV seitlich	nein	nein
8	11	MRSA Leiste	Corynebacterium sp.	negativ	STKO	negativ	14.01.16	Gefatex 7300	nein	nein
9	ca. 28	3 MRGN ZVK- Spitze	negativ	STKO	Corynebacterium sp.	negativ	18.01.16	oben blau unten grau RV seitlich bis 160kg	nein	nein
				Enterococcus faecalis						
10	ca. 30	3MRGN Stuhl	STKO	Keimfrei	STKO	negativ	19.01.16	blau, seitlich RV, bis 160kg	nein	nein
					Corynebacterium sp.					
					STKO					
					Pseudoclavibacter sp.					
11		MRGN	STKO	Corynebacterium sp.	STKO	Staphylokokkus capitis	20.01.16	Gefatex 7300	nein	nein
			STKO	STKO	Staphylokokkus aureus					
12		nicht-berticksichtigt					20.01.16	ausgetragene da- Linsimmigkeiten-im- Ablauf		
13	15	3 MRGN ESBL Duodenalverhalt	Pseudomonas aeruginosa	negativ	Micrococcus luteus	negativ	21.01.16	Gefatex 7300	nein	nein
					Corynebacterium sp.					
14	4 Stunden	MRSA Rachen	STKO	STKO	STKO	STKO	22.02.16	Gefatex 7300		

Übertragung Keim auf Bezug

8 Liste Akademischer Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen/Herren in Marburg:

Adamkiewicz, Dr.

Arenz, Dr.

Arndt, Dr.

Baranovski, Dr.

Baranovski, Prof. Dr.

Bartsch, Prof. Dr.

Baum, Prof. Dr.

Becker, Prof. Dr.

Bepler, Dr.

Berger, Prof. Dr.

Bertoune, Dr.

Berwanger, Dr.

Best, PD Dr.

Bette, Dr.

Bien, Prof. Dr.

Brehm, Prof. Dr.

Brödje

Burchert, Prof. Dr.

Carl, Dr.

Cetin, Prof. Dr.

Czubayko, Prof. Dr.

Dannlowski, Prof. Dr. Dr.

Decher, Prof. Dr.

Del Rey, Prof. Dr.

Donner-Banzhoff, Prof. Dr.

Dr. Mueller, Prof. Dr.

Eckhardt, Dr.

Efe, Dr.

Eickmann, Dr.

Engenhardt-Cabillic, Prof. Dr.

Fendrich, Prof. Dr.

Feuser, Dr.
Fritz, PD Dr.
Fuchs-Winkelmann, Prof. Dr.
Galambos, Dr.
Garn, PD Dr.
Götze, Dr.
Gress, Prof. Dr.
Greunschik, Prof. Dr.
Grosse, Prof. Dr.
Grundmann, Dr.
Haberhausen, Dr.
Helwig-Rolig, Dr.
Hertl, Prof. Dr.
Herz, Prof. Dr.
Heyse, Dr.
Höffken, PD Dr.
Hofmann, Prof. Dr.
Hoyer, Prof. Dr.
Hundt, Prof. Dr.
Jerrentrup, Dr.
Josephs, Dr.
Jaques, PD Dr.
Kann, Prof. Dr. Dr.
Kappus, Dr.
Kerwat, Dr.
Kill, Prof. Dr.
Kinscherf, Prof. Dr.
Kircher, Prof. Dr.
Knipper, PD Dr.
König, Prof. Dr.
Konrad, Prof. Dr.
Koolmann, Prof. Dr.
Krones, Dr.
Kruse, Prof. Dr.

Lill, Prof. Dr.
Lohoff, Prof. Dr.
Mahnken, Prof. Dr.
Maier, Prof. Dr.
Maisner, Prof. Dr.
Moll, Prof. Dr.
Möller, PD Dr.
Müller, Prof. Dr.
Mutters, Prof. Dr.
Neubauer, Prof. Dr.
Neumüller, Prof. Dr.
Nimsky, Prof. Dr.
Nockher, PD Dr.
Oberkircher, Dr
Oberthür, Dr.
Oertel, Prof. Dr.
Oliver, Prof. Dr.
Opitz, Dr.
Ossendorf, Dr.
Otero Vazquez, PD Dr.
Pagenstecher, Prof. Dr.
Peterlein, PD Dr.
Plant, Prof. Dr.
Plöger, Dr.
Preisig-Müller, PD Dr.
Quint, Dr.
Reese, PD Dr.
Renz, Prof. Dr.
Richter, Prof. Dr.
Riera-Knorrenschild, Dr.
Riße, Prof. Dr.
Ritter
Ritz, PD Dr.
Rivera Gil, Dr.

Roelcke, Prof. Dr.
Rost, Dr.
Ruchholtz, Prof. Dr.
Sahmland, Prof. Dr.
Schäfer, Dr.
Schäfer, Prof. Dr.
Schneider, Prof. Dr.
Schönbauer
Schratt, Prof. Dr.
Schunk, Dr.
Schüttler, Dr.
Schütz, PD Dr.
Seifart, PD Dr.
Seitz, Prof. Dr.
Sekundo, Prof. Dr.
Sevinc, Dr.
Shams-Eldin, Dr.
Sommer, PD Dr.
Sprenger, Prof. Dr.
Stahl, Dr.
Steiniger, Prof. Dr.
Steitz-Naumann, Dr.
Stibane
Stief, PD Dr.
Strik, Prof. Dr.
Subtil, Dr.
Thieme, Prof. Dr.
Thum, Dr.
Thursar
Timmesfeld, Prof. Dr.
Toussaint, Dr.
Vogelmeier, Prof. Dr.
Vogt, Prof. Dr.
Völlger, Dr.

Vorwerk, PD Dr.
Wagner, Prof. Dr.
Wahl, PD Dr.
Weber, Prof. Dr.
Weihe, Prof. Dr.
Weisser, PD Dr.
Welter, Prof. Dr.
Werner, Prof. Dr.
Westermann, PD Dr.
Wilhelm, Prof. Dr.
Wittig, Prof. Dr.
Wollmer, Dr.
Wrocklage, Dr.
Wulf, Prof. Dr.
Zavorotny, Dr.

9 Danksagung

Zum Abschluss dieser Arbeit möchte ich einigen Personen danken, die mir in der Zeit von Beginn bis Ende der Arbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben.

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater Herrn Professor Doktor Mutters für die Einleitung in die Arbeit und stetige Betreuung, sowie die Berechtigung einige seiner Bilder verwenden zu dürfen, danken. Einen ebenso großen Dank möchte ich Frau Dr. med. dent. Claudia Nonnenmacher und Frau Helene Bykow aussprechen, die mir während meiner Zeit im Labor stets mit Rat und Tat zur Seite standen. Einen Dank auch an alle weiteren Mitarbeiter des Instituts, die mit mir im Labor zusammengearbeitet haben.

Ein weiterer Dank geht an das Hygiene-Team des Universitätsklinikums Marburg, die mich mit den Gegebenheiten vor Ort bekannt gemacht haben und immer ein offenes Ohr hatten.

Ich möchte außerdem Herrn Professor Doktor Hans-Helge Müller für die freundliche statistische Beratung danken.

Einen ganz besonderen Dank möchte ich außerdem Frau Theresa Liese aussprechen, die mich besonders in den schwierigen Momenten der Arbeit unterstützt hat und so diesen erfolgreichen Abschluss der Arbeit mit möglich gemacht hat.

Moralische Unterstützung wurde mir zudem in großem Maße von Herrn Matthias Schmidt zu Teil, der immer wieder gute Ideen einbrachte.

Nicht zuletzt möchte ich auch meiner Familie danken, die mich während der Zeit des Schreibens der Doktorarbeit zeitweise wieder zuhause aufnahm und mit Rat und Tat zur Seite stand.

Allen, die nun nicht explizit genannt worden sind, mich aber auch auf die ein oder andere Weise unterstützt haben, seien versichert, dass sie nicht vergessen wurden und auch Ihnen meine volle Dankbarkeit sicher ist.